

E.N.S.A. de Rennes

RAPPORT SUR LE STAGE EFFECTUE

par

Thuy NGUYEN NGOC

au

Laboratoire d'Entomologie du CIRAD-FLHOR Réunion

en vue de l'obtention du

D.E.A. DE GENETIQUE, ADAPTATION ET PRODUCTIONS VEGETALES

(Responsable de stage : Serge Quilici, chercheur, CIRAD-FLHOR Réunion)

Sujet :

ETUDE DE LA REPONSE DES FEMELLES DE

***CERATITIS CAPITATA* (WIEDEMANN) (DIPTERA : TEPHRITIDAE)**

A DIFFERENTS TYPES DE STIMULI OLFACTIFS EN TUNNEL DE VOL

Membres du Jury : F. LARHER

P. LUCAS

G. THOMAS

A. SARNIGUET

Soutenance devant le jury d'examen le 1 septembre 2000

Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier Serge Quilici, mon maître de stage, pour son accueil au sein du laboratoire et sa grande disponibilité. Je lui suis très reconnaissante.

J'en profite pour remercier également Philippe Ryckewaert, responsable de l'équipe d'Entomologie « Maraîchage » qui a corrigé mon rapport dans la phase finale de mon stage.

Mes remerciements vont au professeur Jean-Pierre Nénon, Laboratoire d'Ecobiologie des Insectes Parasitoïdes, Université de Rennes I, pour son soutien durant mon année de D.E.A.

Un grand remerciement aux personnes de l'équipe d'Entomologie « Fruits » (Antoine, Serge, Jim, Christophe) qui m'ont apporté de l'aide technique et les conseils nécessaires au bon déroulement de mon stage.

Mes remerciements s'adressent également à Frédéric Chiroleu pour m'avoir aidé à traiter mes données et aux personnes de l'équipe d'Entomologie « Maraîchage » (Frédéric, André et Moutou) pour leur accueil et leur gentillesse.

Je tiens à exprimer ma gratitude à « mes grands amis vietnamiens » (Chi Yêñ, Cô Marie, Cô, Chu Timar, Anh François) et bien sûr à Richard, Yvonne pour leur aide dans les moments plus pénibles et surtout pour leur bonne humeur tout au long de mon séjour à La Réunion.

Enfin, comment pourrais-je oublier tous les autres stagiaires, Laetitia, Caroline, Pierre-François, Henri, Sébastien et les VATs, Dominique, Olivier pour tous les bons moments partagés pendant ces 6 mois de stage.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES	
1. Présentation de l'île de la Réunion et contexte agricole	2
1.1. L'île de la Réunion.....	2
1.2. Les cultures fruitières et maraîchères à la Réunion : le problème des mouches des fruits.....	2
2. Les Tephritidae	3
2.1. Les espèces nuisibles à la Réunion	4
2.2. La mouche méditerranéenne des fruits	4
2.2.1. Taxonomie et description	4
2.2.2. Ovogenèse.....	5
2.2.3. Cycle biologique	6
2.2.4. Plantes-hôtes et dégâts occasionnés	6
2.3. Aperçu sur les méthodes de lutte.....	7
2.3.1. La lutte chimique classique	7
2.3.2. La lutte chimique raisonnée ou améliorée.....	7
2.3.3. La lutte biologique	8
2.3.4. La lutte autocide (S.I.T. : Sterile Insect Technique)	8
3. Réponse des Tephritidae aux stimuli visuels et olfactifs.....	8
3.1. Stimuli visuels	8
3.1.1. La vision chez les Tephritidae	8
3.1.2. L'influence des stimuli visuels	9
3.2. Stimuli olfactifs	9

3.2.1. Les récepteurs olfactifs.....	11
3.2.2. Les mécanismes de l'orientation.....	11
3.2.3. Les composés volatils des plantes.....	11
3.3. Objectifs	12

DEUXIEME PARTIE : MATERIELS ET METHODE

1. Elevage de <i>Ceratitis capitata</i>	13
2. Tunnel de vol	13
3. Procédure générale	14
4. Déroulement des essais.....	14
4.1. Etude méthodologique	14
4.2. Etude de la réponse à différents types de stimuli olfactifs.....	15
4.2.1. Essais en situation de non-choix	15
4.2.2. Essais en situation de choix binaire	15
5. Traitement statistique	16

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

RESULTATS.....	17
1. Détermination des paramètres	17
1.1. Vitesse du flux d'air.....	17
1.2. Période de la journée.....	17
1.3. Intensité lumineuse	17
2. Etude de la réponse à différents types de stimuli olfactifs	17
2.1. Essais en situation de non choix	17
2.2. Essais en situation de choix.....	18
2.2.1. Choix entre deux stades de maturité des fruits	18
2.2.2. Choix entre deux fruits mûrs de différentes espèces de plante-hôte.....	19
2.2.3. Choix entre différents organes de plante-hôte	19
DISCUSSION.....	20

Quelques remarques sur nos essais en tunnel de vol	20
Les paramètres affectant la réponse.....	20
La vitesse du vent	20
L'heure préférentielle de ponte	20
La lumière	21
Réponse des femelles aux stimuli.....	21
CONCLUSION	24
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

INTRODUCTION

Le genre *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae) comprend des espèces de mouches des fruits polyphages, particulièrement nuisibles aux cultures fruitières dans diverses régions du monde. A La Réunion, la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) est l'une des espèces d'importance économique, sa large polyphagie lui conférant une forte nuisibilité sur diverses cultures fruitières.

De nombres études ont été conduites dans le but de déterminer les principaux stimuli visuels et olfactifs influençant le comportement de cet insecte et orientant les adultes vers leurs ressources vitales. De nombreux résultats de ces études sont actuellement utilisés pour la lutte contre ce ravageur dans la cadre de programmes de lutte intégrée.

Le programme «Mouches des fruits» constitue une thématique prioritaire au Laboratoire d'Entomologie «Fruits» du CIRAD-FLHOR Réunion. L'utilisation d'un tunnel de vol a été développée ces dernières années afin d'étudier le comportement de recherche des mouches en réponse à une odeur attractive.

L'objectif est de mieux comprendre les relations insecte-plantes et notamment les mécanismes de localisation de la plante-hôte par les femelles gravides. Nous nous sommes ainsi proposé d'étudier la réponse des femelles matures de *Ceratitis capitata* aux substances volatiles émises par différents organes de plante-hôte, par des fruits mûrs de différentes espèces, ou par des fruits d'une même espèce à différents stades de maturité.

Première partie

GENERALITES

1. Présentation de l'île de la Réunion et contexte agricole

1.1. L'île de la Réunion

L'île de la Réunion est un département français d'Outre-Mer situé dans le Sud-Ouest de l'Océan Indien, par 21°06' de latitude sud et 55°32' de longitude. Cette île volcanique, âgée de trois millions d'années, a une superficie de 2512 km² ; elle appartient à l'archipel des Mascareignes comprenant également l'île Maurice et l'île Rodrigues.

Le Piton des Neiges, point culminant de l'île à 3069 m, est la massif volcanique à l'origine de l'île ; il s'est mis au repos il y a deux millions d'années et a cédé la place au Piton de la Fournaise (2632 m), toujours en activité.

Sa position tropicale et son relief tourmenté sont la cause d'une multitude de microclimats qui rend difficile sa division en zones climatiques. Cependant la chaîne de montagnes élevées, traversant l'île du nord-ouest au sud-est sépare deux régions pluviométriques différentes :

-La zone Est, plus arrosée (pluviométrie moyenne annuelle de 3 à 6 m) car exposée au vent, bénéficie d'un climat tropical humide.

-La zone Ouest, beaucoup plus sèche (pluviométrie inférieure à 2 m) est située sous le vent.

Durant l'hiver austral, l'île bénéficie d'un climat frais et relativement sec alors qu'un climat chaud, humide et pluvieux domine durant l'été austral. C'est également durant cette période, plus particulièrement en janvier et en février, que se manifestent les cyclones ou dépressions tropicales.

1.2. Les cultures fruitières et maraîchères à la Réunion : le problème des mouches des fruits

La grande diversité des microclimats de La Réunion a permis de cultiver sur cette île de nombreuses espèces de fruits tempérés et tropicaux, toutes introduites par l'homme. La Réunion vers 1940 produisait des fruits non pas de façon abondante mais en quantité suffisante pour l'autoconsommation. Depuis, la population s'est fortement accrue (700 000 habitants en 1999), de même que les échanges internationaux. Actuellement, la production maraîchère se développe et représente environ 30% de la valeur agricole. Quant à la filière fruits, elle profite de la montée en puissance des courants d'exportation (rapport annuel Cirad

Réunion 1998). A côté de cela, les dégâts engendrés par certains ravageurs de ces cultures, notamment les mouches des fruits, restent préoccupants. Il s'agit principalement de Tephritidae introduits accidentellement dans l'île, autrefois indemne de ces ravageurs. Aujourd'hui, on dénombre à La Réunion 22 espèces de mouches dont 7 sont économiquement préjudiciables à certaines cultures fruitières et maraîchères (Etienne, 1982). Les dégâts se traduisent par une perte directe de rendement, qui s'élèverait à 7 millions de francs (y compris le coût des méthodes de lutte) pour l'ensemble de l'île, selon une estimation du CIRAD-FLHOR.

2. Les Tephritidae

Les mouches des fruits appartiennent à la famille des Tephritidae qui compte 4000 espèces (500 genres) (White & Elson-Harris, 1992) dont 250 sont d'importance économique. Leur position systématique est la suivante (White & Elson-Harris, 1992) :

Ordre : Diptera

Sous-ordre : Brachycera

Division : Cyclorhapha

Groupe : Schizophora

Section : Haplostomata

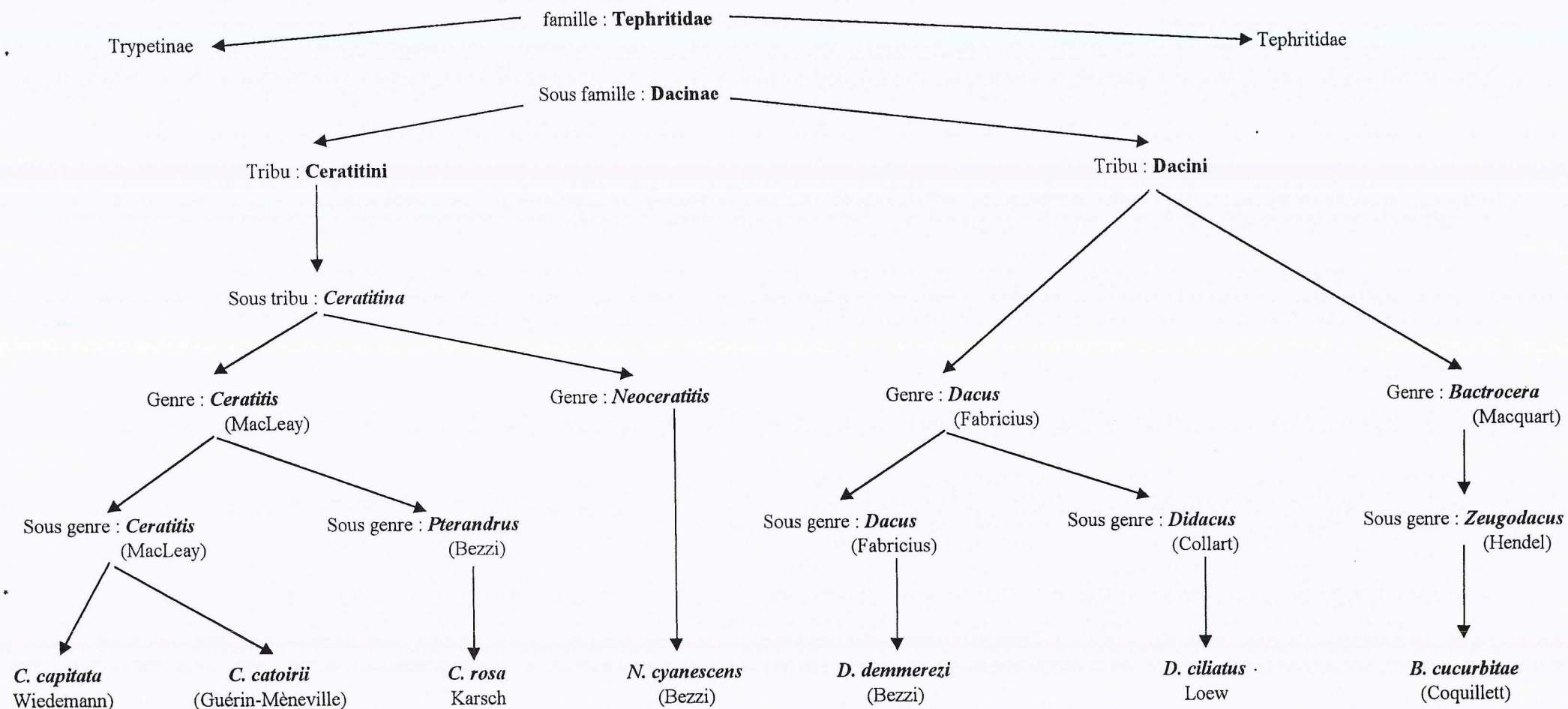
Super-famille : Tephritoidea

Famille : Tephritidae

La famille des Tephritidae se distingue par les caractères suivants (Delvare et Aberlenc, 1989):

- Présence d'ocelles ;
- Une arista bien développée ;
- Présence d'une cicatrice ptilinale et des deux soies vibrissales ;
- Absence de mandibules avec des maxilles représentées par des palpes ;
- Un abdomen formé de 5 ou 6 segments visibles, et se terminant chez la femelle par un oviscapte pointu lui permettant d'insérer ses œufs dans les tissus végétaux ;
- Une ornementation alaire parfois très réduite mais le plus souvent constituée de rayures ou de taches jaunes, brunes ou noires ;

Figure 1 : Position systématique des Tephritidae nuisibles à La Réunion (White & Elson-Harris, 1992)



- Une nervure sous-costale coudée à son extrémité.

Tous les Tephritidae ne sont pas ravageurs des fruits : certains, les Trypetinae par exemple, s'attaquent aux fleurs, d'autres comme les Gastrozonina sont ravageurs de tissus parenchymateux de racines, de tiges ou de feuilles (White & Elson-Harris, 1982).

2.1. Les espèces nuisibles à la Réunion

Les espèces nuisibles à la Réunion ont été recensées par Etienne (1982). Quatre d'entre elles font partie de la tribu des *Ceratitini*, sous-tribu des *Ceratitina*, et trois de la tribu des *Dacini*.

. *Ceratitini* :

- *Neoceratitis cyanescens* (Bezzi) ou mouche de la tomate.
- *Ceratitis (Ceratitis) capitata* (Wiedemann) ou mouche méditerranéenne des fruits. Objet du présent travail.
- *Ceratitis (Pterandrus) rosa* (Karsch) ou mouche du Natal.
- *Ceratitis (Ceratitis) catovrii* Guérin-Mèneville ou mouche des Mascareignes. C'est une espèce endémique de la Réunion et de Maurice, de faible importance économique.

. *Dacini* :

- *Dacus (Didacus) ciliatus* (Loew) ou mouche éthiopienne des fruits.
- *Dacus (Dacus) demmerezi* (Bezzi) ou mouche des Cucurbitaceae de l'Océan indien.

Bactrocera (Zeugodacus) cucurbitae (Coquillett) ou mouche du melon.

La mouche de la pêche *Bactrocera (Bactrocera) zonata* (Saunders) a été repérée pour la première fois dans les Mascareignes, en 1986, à Maurice. En 1991, le premier mâle était capturé à La Réunion. Depuis cette mouche a fait l'objet d'une attention toute particulière, et depuis janvier 2000, de la mise en place d'un dispositif conséquent visant à son éradication (SPV/CIRAD, 2000).

2.2. La mouche méditerranéenne des fruits

2.2.1. Taxonomie et description

Ceratitis (Ceratitis) capitata (Wiedemann) est une espèce qui a été décrite sous plusieurs autres noms : *Petalophora capitata* Macepi, 1825 ; *Ceratitis citriperda* Mac Leay, 1829 ; *Ceratitis hispanica* De Brême, 1842 ; *Ceratitis flexuosa* Walt, 1856 ; *Pardalaspis*

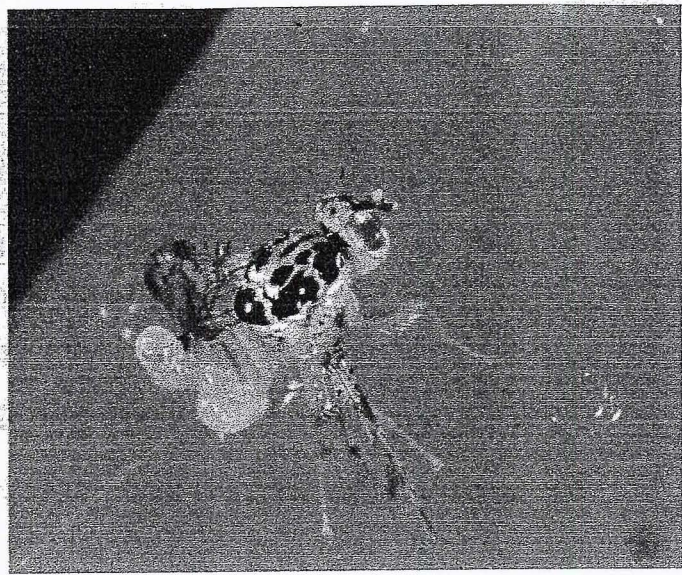
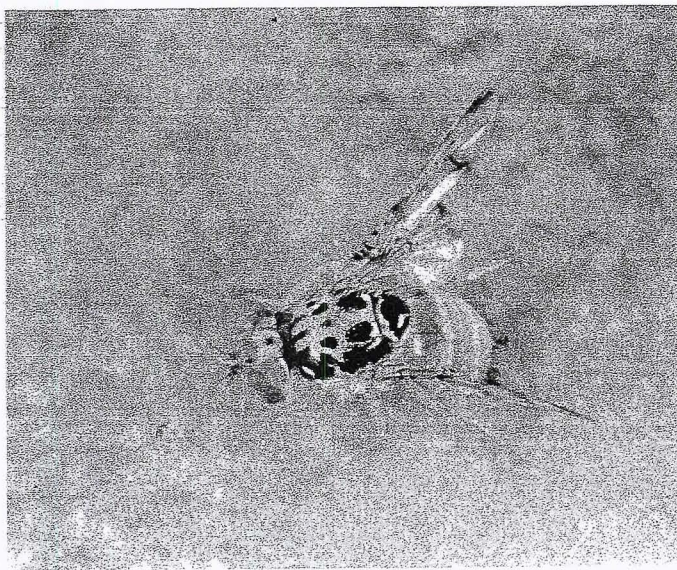


Figure 2 : *A gauche* : femelle de la mouche méditerranéenne, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) sur agrume (*Ph.* A.Franck).
A droite : mâle de la mouche méditerranéenne , *Ceratitidis capitata* sur une sphère rouge (*Ph.* A. Franck).

asparagi Bezzi, 1924 (Dridi, 1990). La position taxonomique de cette espèce peut être résumée ainsi au sein de la famille des Tephritidae :

famille : TEPHRITIDAE

sous-famille : DACINAE

tribu : CERATITINI

sous-tribu : CERATITINA

genre : *Ceratitis*

sous-genre : *Ceratitis*

espèce : *capitata* (Wiedemann, 1824)

Son foyer originel est à l'heure actuelle encore un sujet de controverse. La théorie émise par Silvestri (1913), Bezzi (1918) et Bodenheimer (1951) situe son origine en Afrique tropicale occidentale. Balachowsky (1950) la situerait dans la région paléarctique sud occidentale, et plus particulièrement dans la forêt d'arganier (*Argania sideroxylon* L.), dans le sud marocain (Oukil, 1995). Les travaux récents de génétique sur les différentes populations mondiales de *C. capitata* situent plutôt l'origine de l'espèce en Afrique de l'Est.

L'adulte mesure approximativement 3,5 à 5 mm (*C. rosa* et *C. catoirii* sont légèrement plus grosses). Ses ailes sont transparentes et présentent des bandes de couleur jaune-orange, l'une longitudinale, les deux autres transversales. Le scutellum est pourvu de dessins caractéristiques importants pour la reconnaissance des espèces. Il est de couleur noire et est muni à sa partie antérieure d'une bande sinueuse de couleur jaunâtre chez *C. capitata* et *C. catoirii* (caractère permettant de les distinguer de *C. rosa*). L'abdomen se termine chez la femelle par un oviscapte pointu lui permettant d'insérer ses œufs dans les fruits. La tête du mâle porte des soies orbitales noires très caractéristiques (blanches chez *C. catoirii*, absentes chez *C. rosa*).

Les œufs déposés par la femelle mesurent environ 1 mm de long. Légèrement arqués, ils sont allongés et de couleur blanche. Les larves sont des asticots de couleur blanchâtre munis de deux crochets buccaux noirâtres. La pupa brun-foncé a une forme de tonnelet et une longueur de 4 à 5 mm.

2.2.2. Ovogenèse

Au cours de l'ovogenèse, trois étapes sont particulièrement remarquables (Williamson, 1989) :

- la prévitellogenèse où des trophocytes prévitellogéniques sont en formation. Les ovaires, observés à la loupe binoculaire, ont un aspect translucide à ce stade.

- la vitellogenèse où les cellules folliculaires entreprennent leur différenciation. Il en résulte une coloration blanchâtre au niveau du vitellarium.

- la maturité des œufs où l'on a un ovocyte mature avec un chorion complètement formé et une membrane vitelline.

2.2.3. Cycle biologique

Les conditions climatiques et particulièrement la température jouent un rôle prépondérant sur l'ensemble du cycle biologique de *C. capitata*. La gamme de température permettant le développement ou la survie des différents stades (œuf, larve, pupa, adulte) est comprise entre 10 et 35 °C, l'optimum se situant entre 23 et 27 °C (Nunez, 1987).

Son cycle de développement est le suivant :

-La femelle perce avec son ovipositeur un orifice caractéristique en forme de V dans les fruits-hôtes. Elle dépose de 1 à 14 œufs par fruit selon la taille de celui-ci, à quelques millimètres sous l'épiderme. Elle peut ainsi pondre plusieurs centaines d'œufs au cours de sa vie, voire jusqu'à 1000 œufs en conditions favorables (Carey, 1984).

-Incubation des œufs : 48 heures dans des conditions favorables (25 °C).

- Vie larvaire : 9 à 15 jours. La durée du cycle larvaire (de L1 à L3) peut varier significativement selon le fruit-hôte. On observe même un fort taux de mortalité dans certains fruits (Carey, 1984) .

-Nymphose : sa durée varie, selon les conditions climatiques, de 10 à 20 jours. En conditions favorables de température (25 °C), une vingtaine de jours est nécessaire pour un cycle de l'œuf à l'adulte.

-Préoviposition : les premiers œufs sont déposés 3 jours après l'émergence.

-Maturité sexuelle des femelles: 8 jours (Nergel, 1997).

2.2.4. Plantes-hôtes et dégâts occasionnés

Ceratitis capitata est l'une des espèces les plus polyphages parmi les Tephritidae. Elle s'attaque à plus de 250 espèces de fruits et légumes.

Parmi ces fruits, près de la moitié sont d'importance économique (Rhode, 1976) dont abricots, pêches, poires, cerises, nectarines, prunes, agrumes, raisins, kakis, baies de café,

goyaves, figues, mangues, tomates, aubergines, piment doux, bananes, papayes. Parmi les hôtes sauvages signalés, certains fournissent d'excellentes conditions de multiplication à *C.capitata*. Toutes ces plantes constituent des hôtes secondaires permettant le maintien de la cératite sur l'île (Etienne, 1982).

Les fruits ne sont infestés qu'à un certain degré de leur maturité, avant le début de la maturation. Les symptômes varient selon les fruits. Les attaques de mouches entraînent une décoloration de l'épiderme autour du point de piqûre, puis l'apparition d'une tache brune de pourriture, et enfin la chute du fruit. En effet, une fois piqué le fruit devient non comestible et la piqûre constitue une porte ouverte aux champignons et autres microorganismes.

2.3. Aperçu sur les méthodes de lutte

En matière de lutte contre les mouches des fruits, la lutte intégrée est fortement recommandée. En effet, elle est très avantageuse par rapport à la lutte chimique classique.

2.3.1. La lutte chimique classique

Encore aujourd'hui, elle reste la principale méthode de lutte employée.

Elle consiste en des pulvérisations préventives d'insecticides (ex. : malathion, fenthion, pyréthinoïdes...) sur l'ensemble des plants avant la récolte.

Cette méthode est certes efficace. Toutefois, elle présente des inconvénients, à la fois économiques et écologiques, qui sont essentiellement son coût relativement élevé et une action néfaste sur l'ensemble de la faune en place.

C'est donc dans le but de diminuer les quantités de substances actives déversées et de parer à leur manque de sélectivité que l'on cherche à mettre au point de nouvelles techniques de lutte.

2.3.2. La lutte chimique raisonnée ou améliorée

Elle permet une diminution de la quantité totale d'insecticides pulvérisés, ce qui en soi réduit également les effets néfastes sur la zoocénose.

Deux techniques sont à retenir :

Le traitement par tâches

Les traitements par tâches sont déclenchés environ 1,5 à 2,5 mois avant récolte (quand les fruits deviennent sensibles) si des captures sont enregistrées dans des pièges au seuil de 20 mouches par piège et par semaine pour les vergers d'agrumes et de manguiers. Ils sont ensuite renouvelés chaque semaine tant que c'est nécessaire (Quilici, 1989; Quilici et Simiand, 1994).

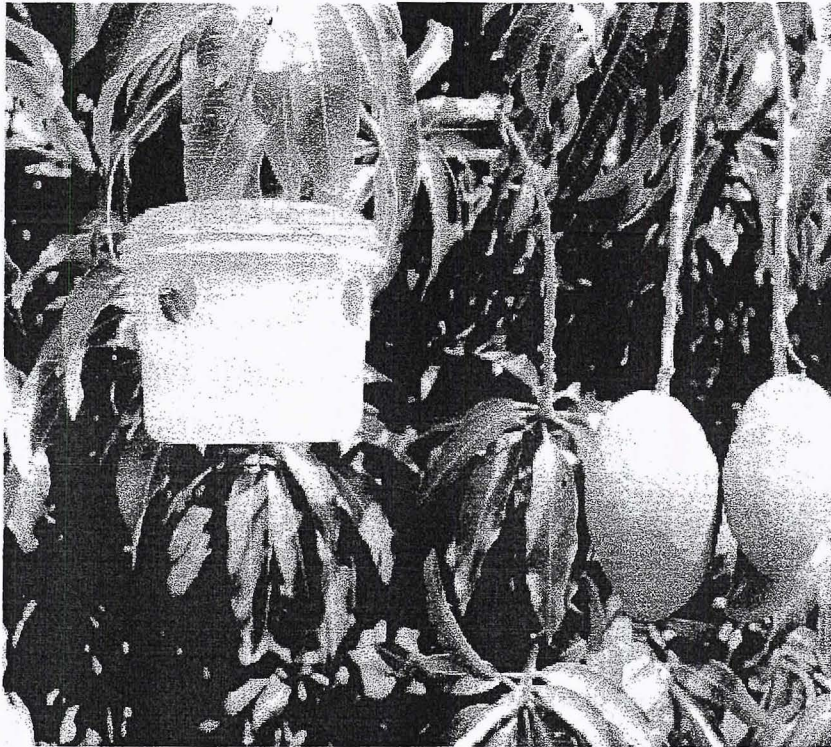


Figure 3 : Piégeage sexuel pour la surveillance des populations de *C. rosa* et *C. capitata* en verger d'agrumes ou de manguiers. L'attractif est une paraphéromone (trimedlure) visant les mâles de ces deux espèces. Une plaquette insecticide (à base de dichlorvos) est ajoutée pour tuer les individus capturés (Ph. D. Vincenot).

Il est préférable de démarrer les traitements par taches assez tôt, au moment où les femelles ont le plus besoin de protéines pour la maturation de leurs œufs.

Le traitement correspond à la pulvérisation d'un appât empoisonné sur une partie de la surface à traiter (à raison de 200 cm³ sur 1 m² de feuillage, pour la Réunion).

L'appât en question est généralement composé d'un attractif alimentaire à base d'hydrolysât de protéines (ex. de P.C. : Buminal, Bayer France), auquel on associe un insecticide.

Cette technique rencontre un succès certain sur agrumes et ce dans de nombreux pays

Le piégeage

Le piégeage est un moyen de surveillance des populations permettant de n'agir que lorsque c'est nécessaire. Economique et efficace, il peut être utilisé sur toutes les cultures. Les pièges sont de petits conteneurs en plastique, avec quatre ouvertures latérales. A l'intérieur est placé un attractif sexuel, et un insecticide qui tue les insectes pénétrant dans le piège (Fig. 3).

2.3.3. La lutte biologique

Cette technique de lutte consiste à utiliser des insectes utiles, et notamment des hyménoptères parasitoïdes, insectes attaquant les mouches aux stades pré-imaginaux (œuf, larve, pupa).

Cette méthode de lutte est toutefois insuffisante pour la protection des vergers et présente un coût de mise en œuvre élevé. Elle a surtout pour objectif de réduire les populations dans les zones de plantes-hôtes réservoirs.

2.3.4. La lutte autocide (S.I.T. : Sterile Insect Technique)

Une autre voie utilisable est celle des lâchers massifs de mâles stériles (en utilisant les rayons gamma) visant à l'éradication d'une espèce ou au contrôle de ses populations.

3. Réponse des Tephritidae aux stimuli visuels et olfactifs

3.1. Stimuli visuels

3.1.1. La vision chez les Tephritidae

Le système sensoriel des Tephritidae comprend :

- deux yeux composés (chez *C. capitata*, ils sont formés chacun de 3000 ommatidies).
- les ocelles

-les stemmata.

3.1.2. L'influence des stimuli visuels

Selon Prokopy et Owens (1983), trois propriétés de l'hôte sont utilisées par les Tephritidae comme principaux stimuli visuels : la couleur, la taille et la forme.

La sensibilité spectrale des Tephritidae est assez homogène. Elle s'étend de l'ultra-violet au rouge (360-650 nm) avec un pic à 485-500 nm (jaune-vert) et un autre à 365nm (ultra-violet) (Agee et al., 1982). La préférence pour certaines couleurs, qui varie selon les espèces, est peut-être fonction de la sensibilité des photorécepteurs. Cependant, une longueur d'onde pour laquelle les Tephritidae ont une plus grande sensibilité ne correspond pas forcément à une couleur attractive.

L'influence de la couleur a donc aussi été analysée en laboratoire avec des leurres de ponte et en verger par piégeage. En laboratoire, Marchini & Wood (1983) ont montré la préférence des femelles de *C. capitata* d'élevage pour les couleurs jaune, verte, et orange alors que, selon Katsoyannos et al. (1986), les femelles de *C. capitata* sauvages pondent préférentiellement dans des leurres de couleur noire, bleue et rouge. Chez *C. rosa*, Rivry (1991) a montré une forte préférence de ponte pour les couleurs jaune, rouge et noire alors que les couleurs verte et blanche présentent de faible niveau de réponses.

L'influence de la taille de l'hôte a été étudiée en laboratoire. Les résultats montrent que plus la taille des leurres est importante et plus les pontes sont nombreuses (Katsoyannos & Pittara, 1983). Rivry (1991) a confirmé chez *C. rosa* cette corrélation positive entre la taille de l'hôte et la préférence de ponte.

Enfin, de nombreuses études suggèrent que la forme du site de ponte est un stimulus prédominant sur les autres stimuli visuels.

3.2. Stimuli olfactifs

Depuis longtemps, de nombreuses études ont été réalisées pour savoir quels composés étaient susceptibles d'attirer les mouches des fruits.

Selon Prokopy et Roitberg (1989), ce sont essentiellement les stimuli olfactifs émis par les fruits qui guident les Tephritidae matures vers les plantes-hôtes. Ces substances volatiles interviennent dans la découverte du site de ponte à courte et à moyenne distance.

En 1963, Beroza et Green recensent les résultats de tests portant sur 4868 produits (hydrocarbures, acides, esters, alcools, phénols,... et produits de composition inconnue) susceptibles d'attirer dix espèces d'insectes dont quatre mouches des fruits.

Par ailleurs, les émissions volatiles de divers fruits déclenchent une réponse positive des femelles gravides de *C. capitata* (Guerin *et al.*, 1983), de *Rhagoletis pomonella* (Walsh) ou de *Rhagoletis cerasi* L (Haish et Levinson, 1980). Ces études, réalisées avec des leurres de ponte, par piégeage, olfactométrie ou électroantennographie, montrent toutes une corrélation positive entre la présence des substances volatiles et la réponse des femelles.

Chez *C. capitata* et *C. rosa*, espèces très polyphages, les femelles sont attirées par des mélanges d'extraits de plantes-hôtes et non-hôtes et par des substances de référence. Levinson *et al.* (1990) ont montré par électrophysiologie une différence de réponse de *C. capitata* pour des huiles essentielles d'abricot et de trois espèces de *Citrus*. Des travaux d'électroantennographie mettent en évidence que *C. capitata* perçoit différemment les alcools aliphatiques, les acides et les acétates généralement présents dans les émissions volatiles des fruits (Guerin *et al.*, 1983). Enfin, Light *et al.* (1992) montrent que l'amplitude de la réponse antennaire à des composés volatiles de nectarines dépend de la fonction chimique, de la longueur de la chaîne et de l'instauration du composé. Les études réalisées sur *C. capitata*, avec des leurres de ponte donnent des résultats variables. Ainsi, Mc. Innis (1989) obtient plus de pontes dans des dômes parfumés à la goyave que dans des témoins. A l'opposé, Freeman & Carey (1990) ainsi que Levinson *et al.* (1990) ne constatent aucune influence des stimuli olfactifs, les stimuli visuels étant prépondérants.

Chez *C. rosa*, aucun travail d'électrophysiologie n'a encore été effectué. Ripley & Hepburn (1935) ont testé par piégeage l'attractivité de 350 substances chimiques, d'origine végétale ou non, pour les deux sexes de l'espèce. Ils notent une forte attractivité de l'huile de clou de girofle, de l'eugénol et de l'acétate de linalyle (principal ester des pêches) pour les deux sexes. Aucune de ces substances ne se montre plus attractive pour les femelles que pour les mâles.

Récemment, des études avec les leurres de ponte ont montré une nette préférence de femelles de *C. rosa* pour des dômes parfumés au zeste d'orange et l'absence de réponse en présence de dômes parfumés à la pêche ou de dômes sans parfum. Ces mêmes études montrent que les stimuli olfactifs sont prédominants sur la taille et la couleur de l'hôte, dans la sélection du site de ponte de *C. rosa* (Bonacina, 1991). Enfin, en utilisant également des leurres, Martin-Teisseire (1992) confirme la préférence de ponte des femelles de *C. rosa* pour les agrumes en situation de choix entre des fruits d'agrumes, bringelier, jam-rosat et goyavier.

3.2.1. Les récepteurs olfactifs

Les récepteurs olfactifs des Tephritidae se trouvent sur des sensilles, poils sensoriels, présents sur les antennes et les palpes (Rice, 1989). Celles-ci présentent plusieurs pores qui se prolongent par un tubule relié aux dendrites des cellules sensorielles. C'est la membrane dendritique de ces cellules qui présente les récepteurs des molécules gazeuses odoriférantes. Les informations relatives à la qualité et à l'intensité de l'odeur sont acheminées jusqu'au cerveau par les nerfs (Visser, 1986).

Les mouches des fruits sont d'abord sensibles à la qualité puis à la concentration de l'odeur. On trouve deux types de récepteurs des odeurs : les récepteurs généralistes, non spécifiques, sensibles par exemple aux odeurs d'aliments et les récepteurs spécialistes, spécialisés sur certains composés chimiques tels qu'une phéromone particulière (Visser, 1986).

3.2.2. Les mécanismes de l'orientation

L'orientation peut être caractérisée par deux sortes de comportements (Visser, 1986) : les kinésies et les taxies. Les premières sont des réponses non orientées comme un changement de vitesse ou de rotation, tandis que les secondes sont des réponses orientées selon un axe privilégié comme un vol vers la source d'odeur ou dans le sens inverse. Il faut aussi signaler que les insectes sont stimulés « mécaniquement » par le vent, mais les stimulations olfactives se traduisent notamment par un envol à contre-vent (« upwind ») vers la source d'odeurs.

Enfin, il est réducteur d'étudier les mécanismes de localisation de l'hôte en ne considérant que la réponse aux stimuli olfactifs. C'est l'intégration de tous les stimuli qui gouverne le comportement d'orientation (Bell, 1990).

3.2.3. Les composés volatils des plantes

Toutes les plantes libèrent des molécules volatiles. Quand les stomates sont ouverts, beaucoup de composés chimiques se dégagent, et notamment pendant la croissance de la plante. Les composés volatils incluent une large variété de molécules à chaîne courte : alcools, aldéhydes, cétones, esters, phénols aromatiques, et lactones mais aussi des mono- et des sesquiterpènes. Les plantes vertes produisent notamment une série de composés résultant du métabolisme des lipides, couramment qualifiés de « composés verts ». Les plus importants comprennent une gamme d'alcools et d'aldéhydes à six carbones (C6) formés lors de l'auto-oxydation des lipides foliaires (Buttery *et al.*, 1987). Ces composés sont souvent très

nombreux : l'atmosphère qui entoure du maïs peut contenir jusqu'à 90 composés volatils différents (Visser, 1986).

3.3. Objectifs

Des théories générales sur les relations entre les insectes phytophages et les substances chimiques émises par les plantes-hôtes existent donc mais chaque relation insecte/plante a ses particularités

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- vérifier l'hypothèse selon laquelle la détection de l'hôte par la femelle de la mouche méditerranéenne est guidée par des stimuli visuels et olfactifs, au cours des processus de localisation à faible distance.
- évaluer l'attractivité relative des odeurs des fruits testés.
- déterminer l'influence des effluves émises par différents organes de plantes-hôtes ou différents stades phénologiques (feuille, fruit vert, fruit mûr) sur la réponse comportementale des mouches en situation de choix.

Ce travail doit ainsi fournir des éléments pour des recherches future sur l'analyse et l'identification de substances volatiles pouvant permettre d'améliorer les techniques de piégeage (surveillance des populations) ou de lutte biotechnique contre cet important ravageur.

Deuxième partie

MATERIELS ET METHODES

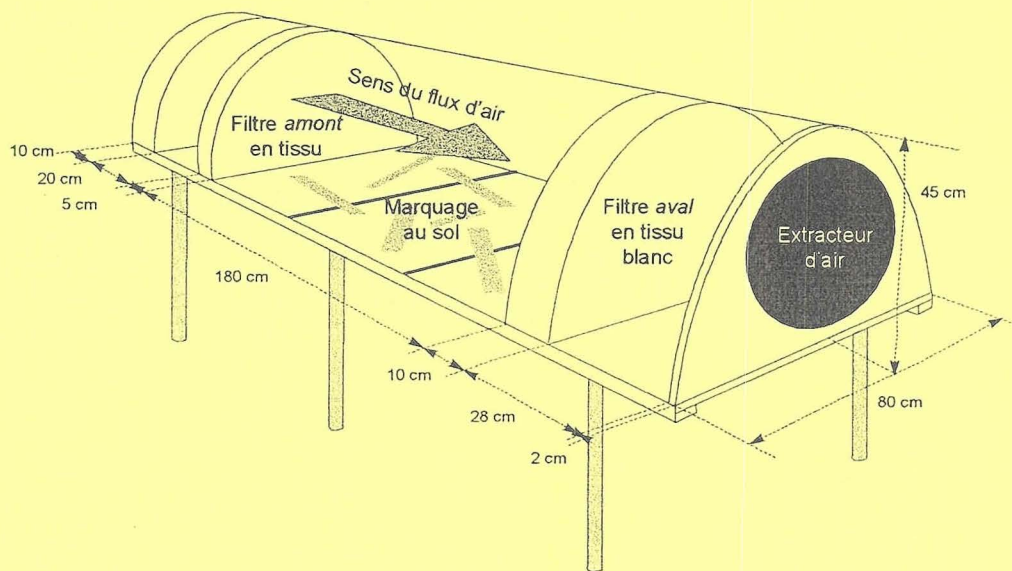


Figure 4 : Représentation du tunnel de vol utilisé pour caractériser la réponse des mouches aux stimuli olfactifs (*Schéma : T Brevault*)

1. Elevage de *Ceratitis capitata*

Les lots de mouches utilisées sont élevés au laboratoire et sont issus d'un élevage mené au sein d'une chambre climatisée à température ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) et humidité ($70\pm 15\%$) contrôlées.

Les adultes sont réunis dans une grande cage en Plexiglas (50 x 50 x 60 cm) comportant deux pondoirs sur la face supérieure (entonnoirs rouges percés de trous). L'alimentation est constituée de sucre de canne et d'hydrolysât enzymatique de levure de bière (ICN Biomedicals, USA). L'eau est contenue dans un récipient dont le couvercle est percé et traversé par un morceau d'éponge.

Les œufs sont collectés tous les jours et déposés sur un milieu nutritif n°1 (*Tab.I*). Lorsque les larves ont effectué une partie de leur développement, elles sont passées sur un milieu nutritif n°2 (*Tab.I*). En fin de troisième stade larvaire, les larves sautent et effectuent leur pupaison dans des boîtes de sable prévues à cet effet. Le sable est ensuite tamisé afin de récupérer les pupes. Les adultes sont isolés chaque jour dans les cage cubiques de 30 centimètres, dès leur émergence, afin de disposer de cohortes d'âge connu. L'ensemble de ces cages est entreposé dans un insectarium où règnent des conditions proches de l'extérieur pour la température ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$) et l'humidité ($70\pm 15\%$). Régulièrement, les mouches qui ne sont pas utilisées pour les essais, sont remplacées dans la cage d'élevage.

Pour tous les essais, les mouches sont utilisées à l'âge de 10 jours, auquel les femelles sont assurément matures. Elles sont en outre naïves, c'est à dire qu'elle n'ont eu préalablement ni contact avec la plante-hôte, ni expérience de ponte.

2. Tunnel de vol

Un tunnel de vol en Plexiglas et de forme hémicylindrique, disponible au Laboratoire d'Entomologie du CIRAD-FLHOR Réunion, a été utilisé pour l'observation des réponses comportementales des mouches aux effluves végétales (*Fig. 4*).

Deux fenêtres coulissantes permettent l'introduction et la récupération des insectes en n'importe quel point du tunnel. Un extracteur d'air placé en aval du tunnel et équipé d'un variateur permet de créer un flux d'air à vitesse modulable de 0 à 0,6 m/s. La vitesse du flux d'air est mesurée à l'aide d'un anémomètre à sonde thermique télescopique (TSI 8330). Des bandes adhésives grises sont disposées aléatoirement sur le plancher du tunnel pour créer des repères optomoteurs pour l'insecte. Des bandes bleues supplémentaires de 1 cm de large,

	MILIEU 1	MILIEU 2
Poudre de carotte déshydratée	56 g	
Levure de bière	52 g	75 g
Sucre	-	150 g
Pomme de terre déshydratée	90 g	-
Eau + Nipagine + Benzoate	450 ml	500 ml
HCL à 16,5 pour mille	20 ml	20 ml

Tableau I : Milieux d'élevage pour *Ceratitis capitata* (Etienne, 1982)

collées tous les 20 cm perpendiculairement à la direction du flux d'air, définissent trois zones fictives permettant de qualifier la position de l'insecte.

Deux filtres en tissu blanc permettent d'obtenir un flux d'air laminaire. Le premier situé en amont du tunnel casse les turbulences du flux et l'homogénéise, le second placé en aval permet de maintenir le flux rectiligne en sortie de tunnel. Une rampe de néons à lumière froide placée à 50 cm au-dessus du tunnel permet d'obtenir un éclairage réglable de 0 à 5400 lux. La température de l'enceinte est maintenue à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ grâce à un climatiseur en été et un radiateur en hiver. L'air est amené de l'extérieur dans la pièce par un ventilateur, puis, immédiatement après son passage dans le tunnel, évacué dans une pièce voisine.

3. Procédure générale

Une mouche contenue dans un petit tube en verre (5 x 1.5 cm) (*Fig.6*) est déposée délicatement en aval du flux d'air, à 1.2 m de la source d'odeur associée à une (ou deux) sphère(s) rouge(s) de diamètre 7 cm. Pour le dispositif d'étude des interactions entre stimuli visuels et olfactifs, nous utiliserons toujours une sphère rouge en nous basant sur les résultats de Nergel (1997) et Gueguen (1998), associée à différents types de stimuli olfactifs. L'observation démarre dès lors que la mouche grimpe au sommet du tube pour en sortir et prend fin après 2 min d'observation, ou lorsque la mouche atterrit sur la source (la sphère rouge). Les insectes ne sont testés qu'une seule fois.

4. Déroulement des essais

4.1. Etude méthodologique

Ces essais visent à déterminer les conditions optimales pour le déclenchement d'un vol orienté des femelles de *C. capitata* vers la source.

La source d'odeur se compose de fruits mûrs de goyave coupés en tranches (150 g) placés dans une boîte grillagée derrière le filtre, en amont du flux d'air qui dirige l'odeur vers la sphère rouge, située à l'intérieur du tunnel de vol. Pour chaque traitement, 25 mouches matures âgées de 10 jours sont testées. Les mouches sont testées individuellement par série de 5 pour un même traitement.

- Comparaison de la réponse des mouches à un même stimulus attractif, aux vitesses de vent suivantes : 0, 20, 30, 40 cm/s. Les mesures de vitesse du flux d'air qui circule dans le tunnel ont été faites avec un thermo-anémomètre (Modèle 8330, Velocicheck, TSI).

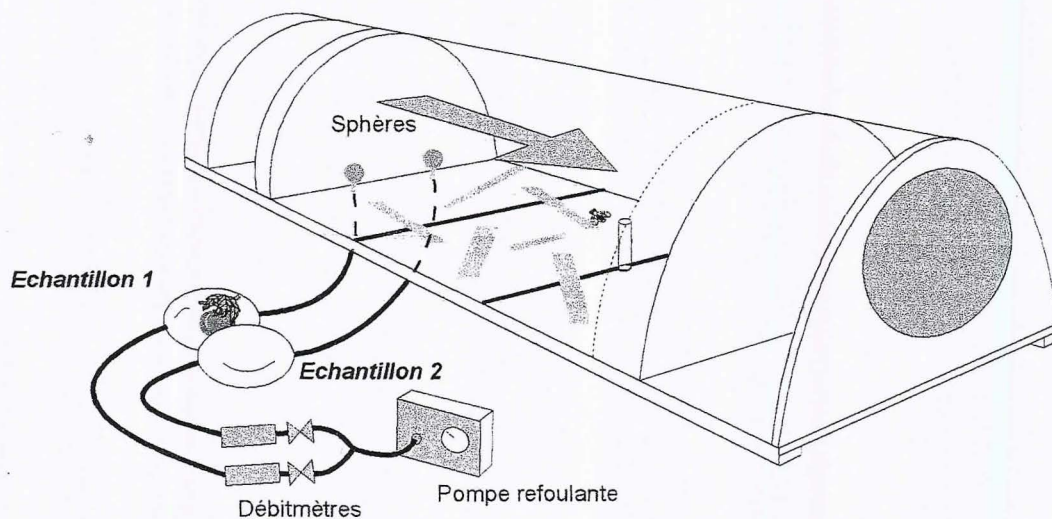


Figure 5 : Représentation schématique de choix entre deux sphères, en tunnel de vol (vue de côté). L'échantillon est placé dans une boîte à l'extérieur du tunnel. L'entrée est reliée à une pompe qui injecte de l'air propre, la sortie est connectée à une sphère perforée placée dans le tunnel de vol (Schéma : T. Brevault).

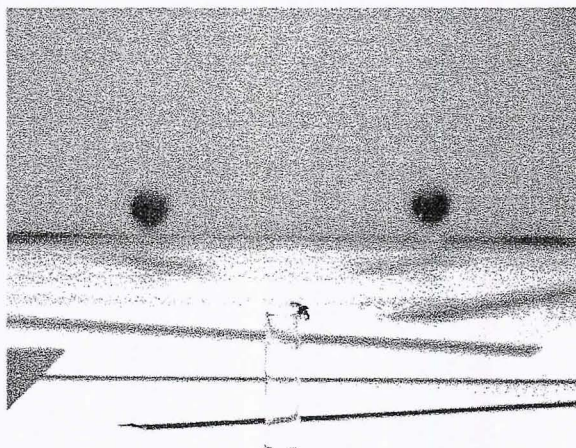


Figure 6 : Situation de choix entre deux sphères rouges émettant des odeurs en tunnel de vol (Ph. A. Franck).

- Comparaison de la réponse des mouches à un même stimulus attractif, à différents créneaux horaires : matin (8 à 10 h), milieu de journée (12 à 14 h), après-midi (16 à 18 h).
- Comparaison de la réponse des mouches à un même stimulus attractif, sous 4 intensités lumineuses : 300, 600, 1.200, 2.400 lux. L'intensité lumineuse est mesurée à l'aide d'un luxmètre (Lux Meter LX-101, Bioblock Scientific).

4.2. Etude de la réponse à différents types de stimuli olfactifs

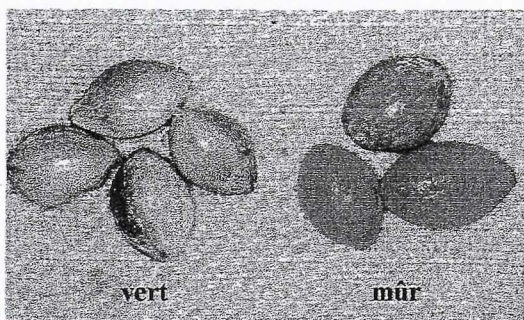
4.2.1. Essais en situation de non-choix

Dans ces essais, deux séries de fruits mûrs sont présentées aux mouches. La source d'odeur se compose de fruits-hôtes mûrs de goyave (Myrtaceae, *Psidium guajava* L), d'orange (Rutaceae, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck), de piment (Solanaceae, *Capsicum frutescens* L.), de coing de Chine (Ebenaceae, *Diospyros kaki* L.), de badamier (Combretaceae, *Terminalia catappa* L.), de café (*Coffea arabica* L.) ou d'un fruit non-hôte de citrouille (Cucurbitaceae, *Cucurbita pepo* L.). Pour le témoin aucun fruit n'est placé dans le compartiment à odeur (air propre).

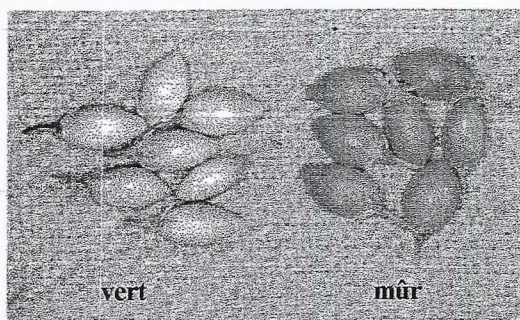
Essai	Source				
Série 1	goyave	orange	piment	citrouille	témoin
Série 2	coing de Chine	badamier	café	citrouille	témoin

Tableau II : Présentation de deux séries de comparaisons réalisées en situation de non choix.

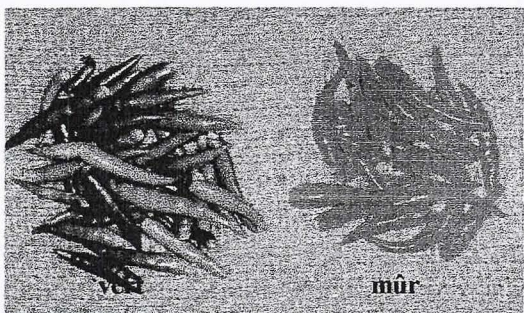
Le poids de l'échantillon végétal a été fixé à 150g pour les fruits de badamier, de coing de chine, de goyave, d'orange, de citrouille, de café et à 40g pour le piment. Les fruits de petit calibre (badamier, coing de chine, piment) sont percés, alors que les gros fruits (goyave, orange, citrouille) sont coupés en tranches. Les fruits sont placés dans une boîte grillagée derrière le filtre à l'intérieur du tunnel, en amont du flux d'air pour une diffusion de la source d'odeur, et proposés séparément. Les mouches sont testées individuellement par séries de 5 pour un même traitement. L'ordre des traitements est fixé au hasard. 25 mouches sont utilisées par répétition, et on effectue 3 répétitions pour chaque traitement. Les observations sont conduites dans les conditions déterminées par les résultats obtenus lors des essais méthodologiques.



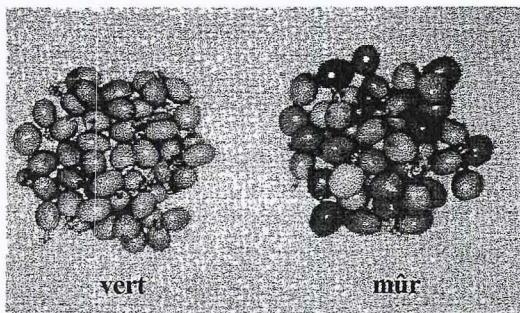
Badamier
Terminalia catappa L.



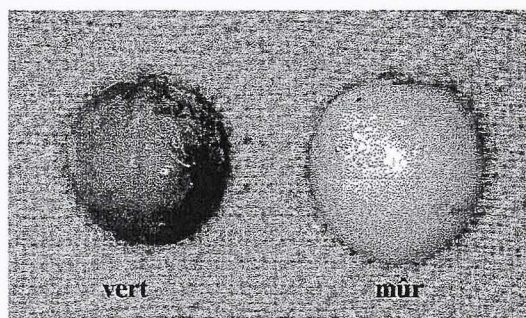
Coing de Chine
Mimusops elengi L.



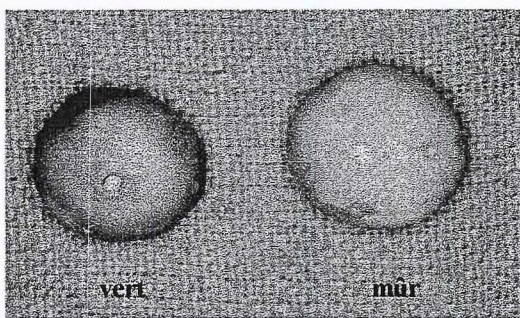
Piment
Capsicum frutescens L.



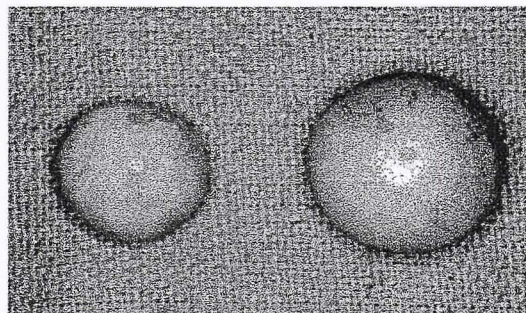
Café
Coffea arabica L.



Goyave
Psidium guajava L.

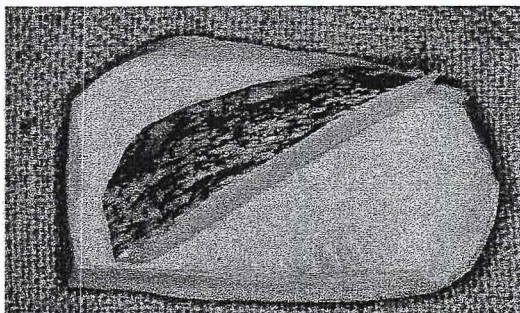


Clémentine
Citrus reticulata B.



Clémentine
Citrus reticulata B.

Orange
Citrus sinensis L.



Citrouille
Cucurbita pepo L.

Figure 7: Types et stades phénologiques de fruits-hôtes et non-hôtes utilisés pour tester la réponse des femelles de *C. capitata* aux stimuli olfactifs. De gauche à droite et de haut en bas : badamier, coing de Chine, piment, café, goyave, clémentine, orange et citrouille (Ph. A. Franck).

4.2.2. Essai en situation de choix binaire

L’odeur de l’hôte provient de :

- 100 g de fruits écrasés dans le cas des fruits de goyave, orange, clémentine (Rutaceae, *Citrus reticulata*) citrouille, badamier et coing de chine,
- de 40 g de fruits écrasés dans le cas des fruits de piment
- ou de 25 g de feuille coupée pour les feuilles de badamier et de café.

L’échantillon végétal est placé cette fois à l’extérieur du tunnel, dans une boîte plastique présentant une entrée et une sortie d’air. L’entrée est reliée à une pompe à vide à débit variable qui injecte de l’air propre (0 à 5 l/min.), la sortie est connectée au tunnel de vol *via* un tuyau en silicone (Fig. 5). L’air balaie ainsi l’échantillon et se charge de molécules volatiles. Le tuyau débouche à l’intérieur du tunnel de vol dans une sphère. Des petits trous présents sur la sphère permettent la diffusion des effluves. Les effluves débouchant des sphères sont ensuite récupérées par le flux d’air créé dans le tunnel et convoyées vers le site de lâcher de l’insecte, en aval du tunnel. Le débit de la pompe est réglé à 1 l/min. Les sphères sont placées à 2 cm de hauteur pour maintenir un panache rasant et à 100 cm du site de lâcher de la mouche (Fig. 6). Vingt-cinq mouches sont utilisés par répétition, et on effectue 3 répétitions pour chaque traitement. Les observations sont conduites dans les conditions déterminées par les résultats obtenus lors des essais méthodologiques.

Les essais ont été réalisés selon les combinaisons présentées dans le tableau III :

		Essais					
Choix entre 2 fruits mûrs		orange clémentine	goyave piment	goyave coing de Chine	goyave café	goyave badamier	goyave orange
Choix entre 2 stades de maturité :	fruit vert	clémentine	piment	coing de Chine	café	badamier	-
	fruit mûr						
Choix entre 2 organes de plante-hôte :							
Badamier	fruit mûr	fruit mûr témoin	feuille témoin	fruit mûr feuille	-	-	-
	témoin						
café	fruit mûr	fruit mûr témoin	feuille témoin	fruit mûr feuille	-	-	---
	témoin						

Tableau III :Liste des combinaisons d’organes végétaux testés.

5.Traitement statistique

Les différentes séquences comportementales des mouches (Annexe V) sont enregistrées en temps réel à l’aide du logiciel «The Observer version 3.0» (Noldus Information Technology, Wageningen, Pays-Bas) installé sur un micro-ordinateur portable. A partir des données brutes d’observation et de leurs combinaisons, on peut établir, pour chaque groupe

d'individus testés, différentes variables descriptives telles que le temps de latence avant le départ du tube, le temps passé dans chaque zone, le temps mis pour atteindre la source, le temps de repos, le nombre et la fréquence des vols, etc....

L'analyse des résultats a plus particulièrement été centrée sur la proportion de mouches atteignant la source. Dans ce but, on a utilisé le test du Chi-deux avec correction de continuité (Yates) et le test exact de Fisher pour de faibles succès (détermination des paramètres) avec $p=0.05$, à l'aide du logiciel S-plus 2000.

Troisième partie

RESULTATS ET DISCUSSIONS

RESULTATS

1. Détermination des paramètres

Ces essais visent à définir les paramètres de la vitesse du vent, du rythme circadien de ponte et d'éclairage pour obtenir les conditions optimales de réponse aux stimuli olfactifs des femelles matures de *Ceratitis capitata* en tunnel de vol (c'est à dire les conditions dans lesquelles les mouches vont atteindre la source avec la fréquence la plus élevée possible).

1.1. Vitesse du flux d'air

La réponse des mouches à des effluves de fruits-hôtes a été testée pour la série de vitesses suivante: 0, 20, 30 et 40 cm/s. Le figure 8 donne le pourcentage de mouches ayant atteint la source (goyave) en fonction de la vitesse testée. Pour *C. capitata*, la vitesse de flux optimum se situe autour de 20 cm/s. Un flux de 30 cm/s permet aussi un net vol orienté des mouches vers la source. Bien qu'il n'apparaisse que peu de différences significatives entre les vitesses testées, nous avons choisi de travailler avec celle pour laquelle la réponse a été la plus importante, soit 20 cm/s (*fig.8*).

1.2. Période de la journée

L'objectif de cet essai est de situer dans la journée la période préférentielle de réponse aux stimuli olfactifs pour les femelles dans le tunnel. On observe que le pourcentage de mouches atteignant la source entre 12h et 14h (72%) est significativement supérieur par rapport aux périodes 8h-10h (20%) et 16h-18h (36%). La période retenue pour les expérimentations futures sera donc de préférence entre 12h et 14h (*fig.9*).

1.3. Intensité lumineuse

Ce paramètre est testé dans les conditions où la vitesse du vent et l'heure sont les plus favorables (20 cm/s, le midi : 12-14h), afin de déterminer comment les mouches réagissent aux conditions artificielles d'éclairage. La réponse des mouches n'est pas significativement différente pour des intensités lumineuses de 300, 600, 1200 ou 2400 lux (*fig.10*).

2. Etude de la réponse à différents types de stimuli olfactifs

Un test de Chi-deux a été réalisé pour vérifier l'homogénéité des répétitions pour chaque expérience. Il a toujours été non significatif à $p=0.05$, ce qui nous permet de

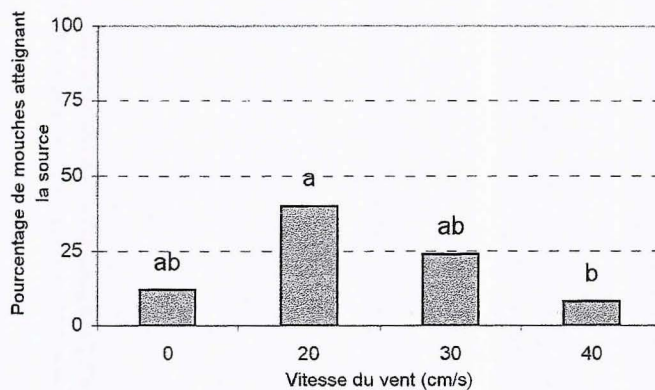


Figure 8 : Réponse des femelles de *C. capitata* à des effluves de fruit mûr de goyave, en fonction de la vitesse du vent (n=25). Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Fisher, $p=0,05$)

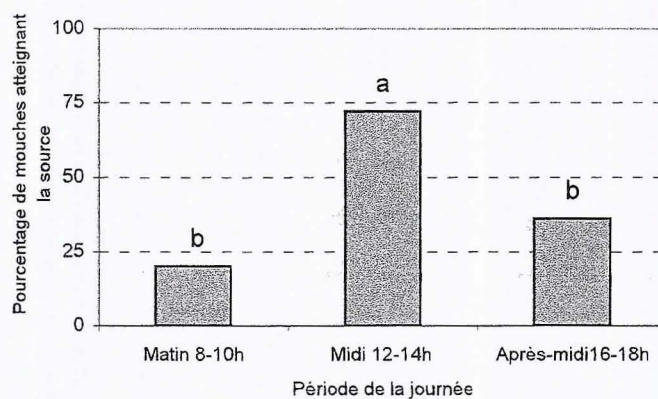


Figure 9 : Réponse des femelles de *C. capitata* à des effluves de fruit mûr de goyave, en fonction de la période de la journée (n=25). Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Fisher, $p=0,05$)

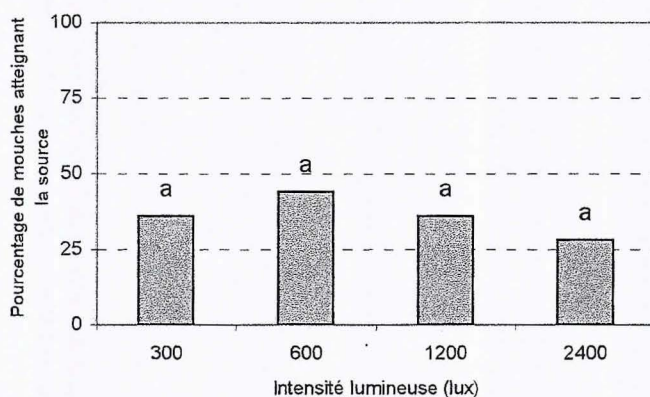


Figure 10 : Réponse des femelles de *C. capitata* à des effluves de fruit mûr de goyave, en fonction de l'intensité lumineuse (n=25). Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Fisher, $p=0,05$)

considérer comme homogènes les lots au sein de chaque expérience. Nous avons donc regroupé les trois répétitions afin de comparer les proportions totales.

2.1. Essais en situation de non choix

Les réponses des femelles de *C. capitata* obtenues au cours de ces deux séries d'essais en situation de non-choix, montrent une nette attirance de cette mouche pour les effluves de fruits par rapport au témoin.

La première série d'expériences (fig. 11) indique que le pourcentage de mouches effectuant un vol contre le vent ou atteignant la source d'odeur est significativement plus élevé dans le cas du piment et de la goyave que pour la citrouille. On peut également constater que dans le cas des plantes étudiées, l'attractivité de l'orange, significativement inférieure à celle du piment, n'est pas statistiquement différente de celles de la citrouille et de la goyave.

Dans la deuxième série d'expériences (fig. 12), on peut noter que les odeurs de fruit non-hôte (citrouille) et d'air propre (témoin) sont significativement moins attractives que les odeurs de fruits-hôtes, à l'exception du café. Par ailleurs, la citrouille déclenche tout de même plus de réponses que le témoin.

Le badamier et le coing de Chine induisent chez les mouches une réponse significativement plus importante que la citrouille.

L'attraction des mouches pour l'odeur du badamier est plus importante que celle engendrée par le coing de Chine. Cependant l'écart entre ces deux valeurs n'est pas suffisamment important pour être statistiquement différent.

Le café est en position intermédiaire entre le badamier, le coing de Chine et le fruit non-hôte, la citrouille.

2.2. Essais en situation de choix

2.2.1. Choix entre deux stades de maturité des fruits

L'objectif de ces essais est de comparer la réponse comportementale des mouches à différents stades de maturité des fruits des plantes-hôtes (fruits mûrs ou fruits verts).

Ces résultats rassemblés dans la figure 13 montrent que les femelles placées en situation de choix marquent une préférence pour les sphères émettant des odeurs de fruits mûrs dans le cas de la clémentine et du coing de Chine. Une tendance contraire est observée dans le cas du piment, bien que la différence ne soit pas significative.

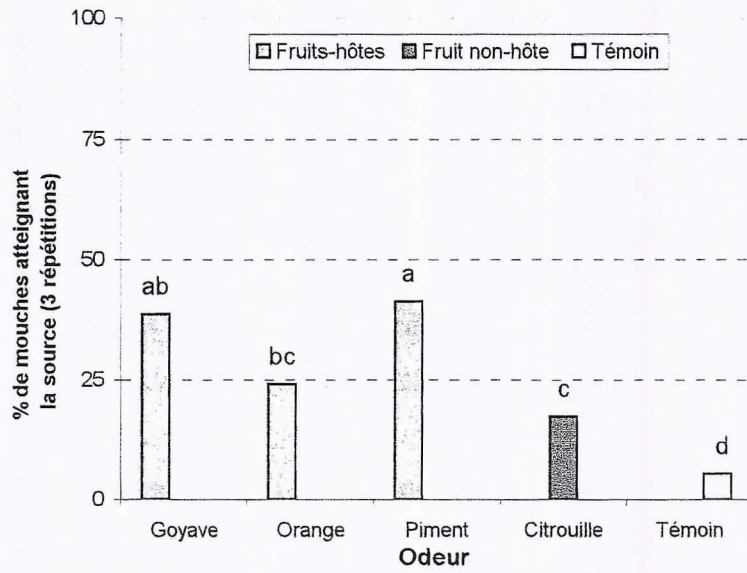


Figure 11 : Réponse des femelles de *C. capitata* à des effluves des fruits mûrs de différentes plantes-hôtes et d'une plante non-hôte. Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Chi-deux, $p=0,05$)

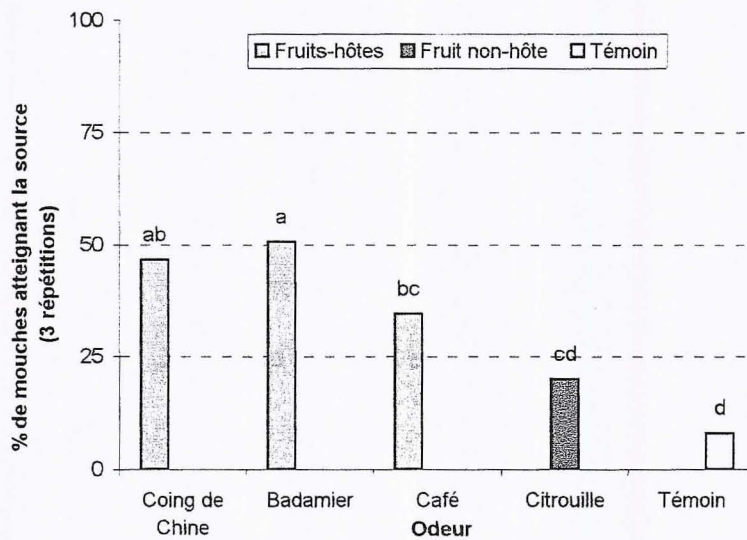


Figure 12 : Réponse des femelles de *C. capitata* à des effluves des fruits mûrs de différentes plantes-hôtes et d'une plante non-hôte. Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Chi-deux, $p=0,05$)

Pour le café et le badamier, l'attraction des femelles pour les fruits mûrs n'est pas significativement différente de celle pour les fruits verts.

2.2.2. Choix entre deux fruits mûrs de différentes espèces de plante-hôte

Aucune différence significative de réponse n'apparaît entre les odeurs de goyave mûre et des fruits mûrs suivants : orange, piment, café et coing de Chine (*fig. 14, 15, 16, 17*). Néanmoins, on remarque une tendance à une attractivité légèrement plus importante pour l'odeur du coing de Chine.

Au contraire, une sphère émettant une odeur de fruit de badamier est significativement plus attractive que la deuxième sphère émettant une odeur de fruit de goyave (*fig. 18*).

Dans le cas des agrumes, on ne distingue pas de préférence marquée pour l'odeur de clémentine lorsqu'elle est proposée en choix avec l'odeur d'orange (*fig. 19*).

2.2.3. Choix entre différents organes de plante-hôte

Notre objectif est de savoir si la mouche est capable de manifester une préférence lorsqu'on lui propose simultanément, selon le même dispositif, deux types d'odeurs provenant d'organes différents de la même plante-hôte.

Pour cela, deux séries d'expériences ont été réalisées sur deux plantes hôtes de *C. capitata* : le badamier et le café.

Dans les deux cas, les mouches sont significativement plus attirées par les fruits mûrs ou les feuilles que par le témoin. Il est ainsi intéressant de constater que les mouches répondent de façon significative aux effluves de feuilles.

Pour le café, l'attraction des mouches pour les fruits ou les feuilles est sensiblement la même alors qu'on observe une nette différence dans le cas du badamier (*fig. 20 et 21*).

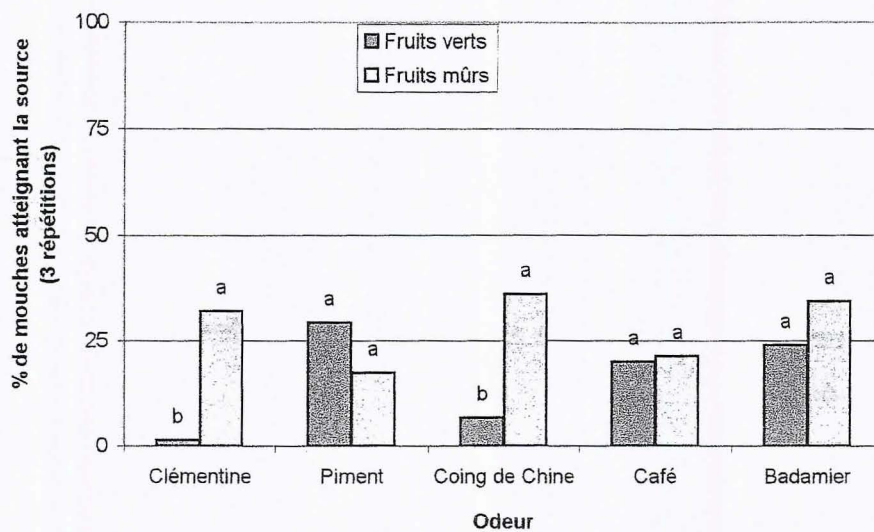


Figure 13 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruits verts, soit une odeur de fruits mûrs. Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test de Chi-deux, $p=0,05$).

DISCUSSION

Quelques remarques sur nos essais en tunnel de vol

L'expérimentation sur du matériel vivant nous a conduit à rencontrer quelques problèmes. Un point important concerne les mouches utilisées pour réaliser les essais. Il s'agit de femelles matures de 10 jours. C'est à cet âge que les femelles répondent le mieux aux stimuli induisant le comportement de ponte. Toutefois, la densité d'adultes dans les cages, parfois forte, a pu retarder l'âge de maturation des femelles, de trop fréquents contacts avec les congénères perturbant l'alimentation en protéines des femelles. Il importerait donc, lors d'essais futurs, de mieux contrôler la densité des adultes dans les cages d'élevage.

Par ailleurs, nos essais ayant eu lieu en hiver, la température de la pièce du tunnel de vol variait naturellement entre 19 et 23°C. Dans une telle gamme de températures, les mouches, inactives, restent fréquemment dans le tube de lâcher. Ce problème a été résolu en stabilisant la température de la pièce aux environs de 25°C grâce à un radiateur.

Les paramètres affectant la réponse

La vitesse du vent

Le vent joue un rôle actif dans les mécanismes d'orientation de la mouche ; chaque espèce ayant une réponse optimale pour une vitesse particulière. Ainsi, Brevault (1999) a déterminé comme optimum pour la mouche de la tomate *Neoceratitis cyanescens* Bezzi une vitesse de 30 cm/s. Brady *et al.* (1995) observent quant à eux que la mouche tsé-tsé, localise efficacement la source d'odeur lorsque le vent atteint une vitesse de 0,5-1 m/s.

De notre côté, nous avons constaté que la vitesse de 20 cm/s semble la plus favorable pour l'étude des stimuli olfactifs chez *C. capitata*. Ce résultat est en accord avec celui de Landolt *et al.* (1992) qui ont étudié en tunnel de vol la réponse des femelles de *C. capitata* à la phéromone sexuelle des mâles. Ces auteurs ont également mis en évidence que les réponses des femelles diminuent pour des vitesses plus élevées,

L'heure préférentielle de ponte

Nous avons montré que la réponse des femelles de *C. capitata* à l'odeur de fruit-hôte est la plus forte vers midi. Ce résultat est assez proche de ceux obtenus par Gueguen (1998) qui indique qu'en grande cage, les femelles de *C. capitata* préfèrent pondre dans la plage horaire 13h-14h et vers 16h.

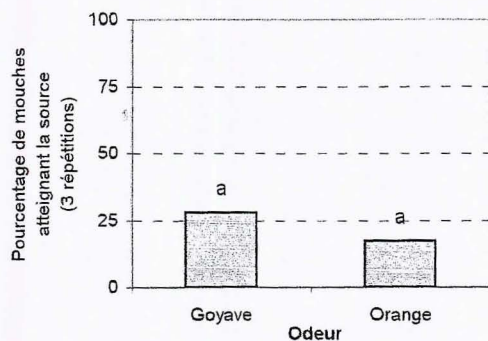


Figure 14 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruit mûr de goyave, soit une odeur de fruit mûr d'orange.

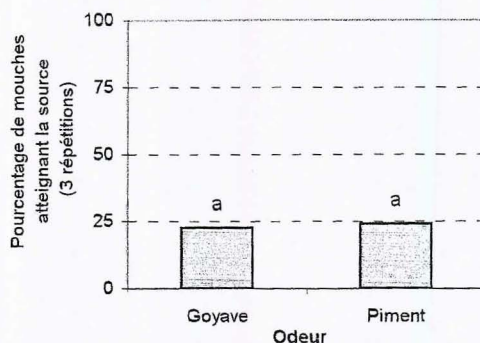


Figure 15 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruit mûr de goyave, soit une odeur de fruit mûr de piment.

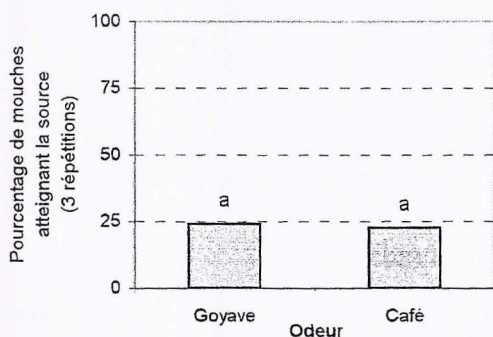


Figure 16 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruit mûr de goyave, soit une odeur de fruit mûr de café.

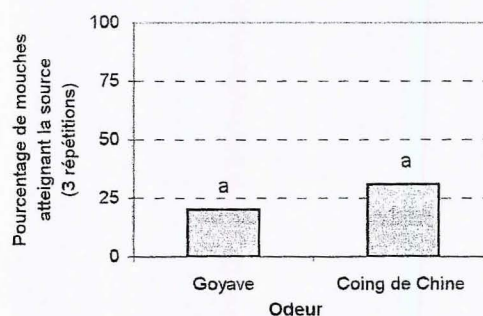


Figure 17 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruit mûr de goyave, soit une odeur de fruit mûr de coing de Chine.

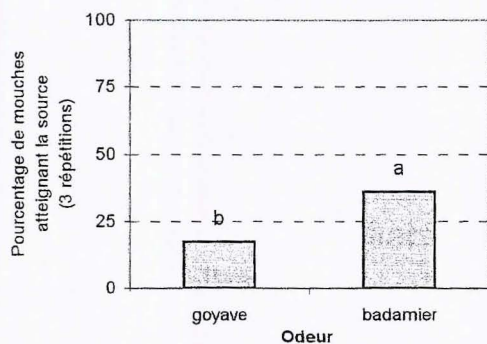


Figure 18 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruit mûr de goyave, soit une odeur de fruit mûr de badamier.

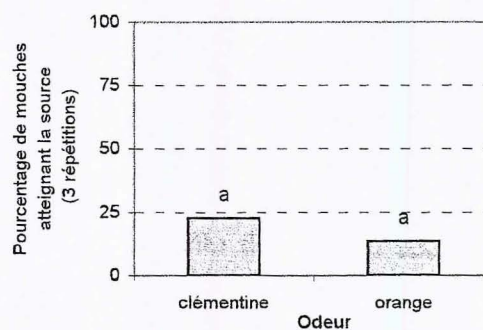


Figure 19 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur de fruit mûr de clémentine, soit une odeur de fruit mûr d'orange.

N.B. Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Chi-deux, $p=0,05$).

La lumière

Elle joue souvent un rôle important dans le comportement des insectes. Une série de tests préliminaires a montré que les mouches montrent une réponse peu variable dans la gamme d'intensité lumineuse de 600 à 2400 lux. Ce résultat concorde avec les observations de Goudin (1999) sur *Ceratitis rosa*, qui a montré que l'activité des mouches est particulièrement faible dans la période où l'intensité lumineuse est forte (de l'ordre de 20.000 lux). Landolt et *al.* (1992) ont effectué leurs travaux sur *C. capitata* sous une intensité de 1000 lux. Pour nos essais, nous a choisi l'intensité lumineuse de 600 lux.

Réponse des femelles aux stimuli

Prokopy & Roiberg (1989) ont rapporté que les stimuli olfactifs émis par les fruits guident les Tephritidae vers les plantes-hôtes. Il n'est donc pas étonnant d'obtenir dans la totalité des essais réalisés, une réponse des femelles significativement supérieure en présence d'un stimulus olfactif. On a cependant observé que les mouches, étaient parfois attirées par les sphères colorées n'émettant aucune odeur. Katsoyannos (1987) a effectivement montré que *C. capitata* pouvait répondre ainsi aux seuls stimuli visuels. L'attraction des mouches pour des sphères de couleur jaune serait associée à un comportement de recherche de nourriture tandis que l'attraction pour les sphères rouges traduirait la recherche d'un site de ponte.

En fait, selon Green *et al.* (1994), les stimuli visuels et olfactifs agiraient en synergie. Ainsi, chez *R. pomonella*. Reissig *et al.* (1982) ont montré que des sphères rouges badigeonnées de substances volatiles de pomme sont plus efficaces que de simples sphères rouges pour attirer les femelles.

Dans notre série d'expériences, des fruits mûrs ont été comparés en situation de non choix. On a constaté que les femelles manifestent une nette préférence pour la goyave et le piment. A La Réunion, la goyave est un fruit fortement attaqué par *C. rosa* mais également par *C. capitata*. Il est probable qu'il existe une compétition entre ces deux espèces de mouches sur la goyave. Au cours de nos expériences, la goyave a été proposée aux femelles de *C. capitata* en situation de non choix. La deuxième série d'essais montre que les fruits de deux espèces de plantes-hôtes sauvages fréquemment rencontrés sur l'île, le badamier et le coing de Chine, sont plus attractifs pour les femelles que le fruit mûr de café. Aucun travail ne semble avoir été réalisé pour estimer l'attractivité de fruits de plantes non-hôtes de *C. capitata*. Nos résultats apportent donc à ce sujet des données intéressantes qui demandent à être confirmées.

Il nous a semblé intéressant de déterminer s'il existe chez *C. capitata* un effet de stimulation par l'odeur d'un fruit non-hôte, la citrouille. L'attraction observée pourrait

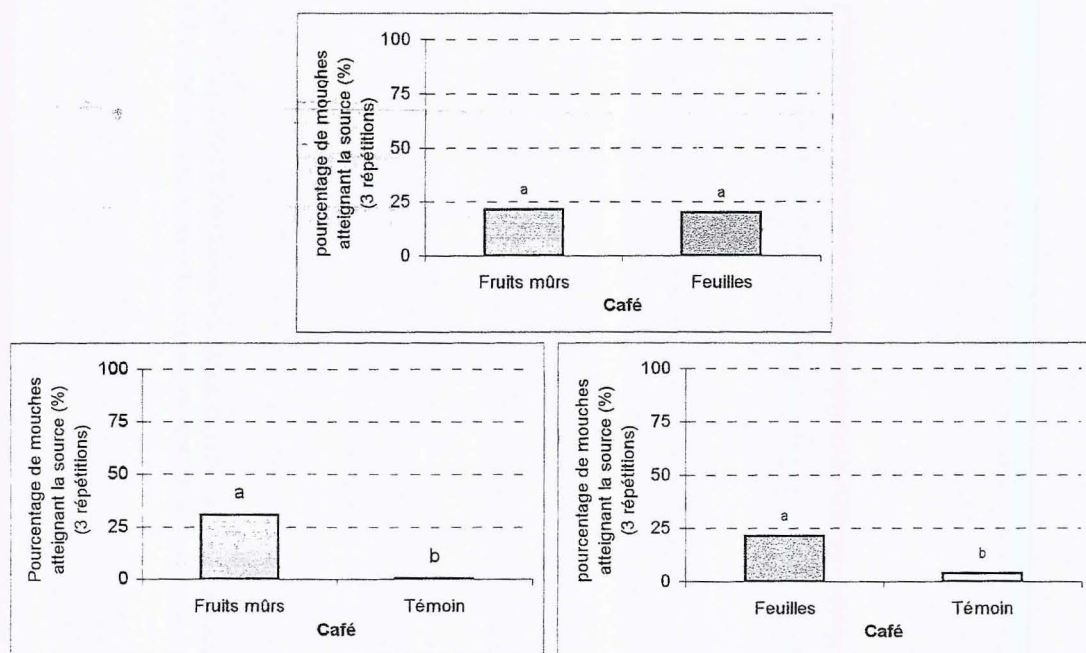


Figure 20 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur d'organe de café, soit aucune odeur. Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Chi-deux, $p=0,05$).

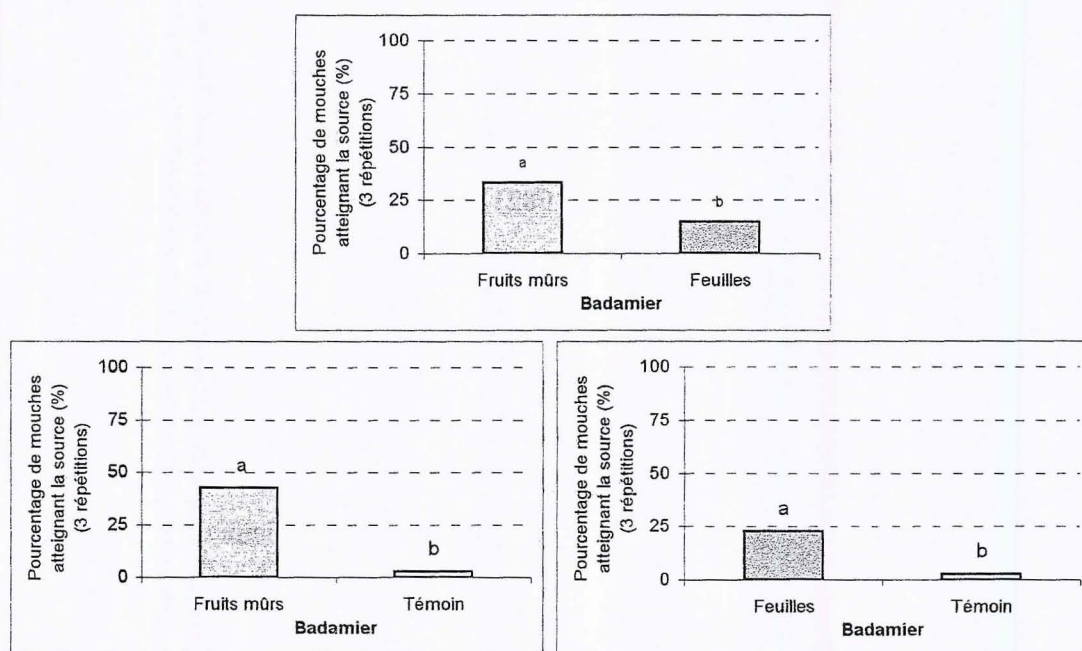


Figure 21 : Choix du site d'atterrissage des femelles de *C. capitata* entre deux sphères rouges émettant, soit une odeur d'organe de badamier, soit aucune odeur. Les barres des histogrammes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes (test Chi-deux, $p=0,05$).

s'expliquer par une pression de ponte en situation de non choix. Chez *C. capitata*, Prokopy *et al.* (1994) ont montré qu'une forte pression de ponte entraînait une moindre discrimination de la part des mouches vis-à-vis de leur fruits-hôtes. Goudin (1998) a également observé l'influence de la pression de ponte sur les choix de *C. rosa*. Les femelles matures, privées de support de ponte, tentaient de pondre dans différents types de support.

Assez peu d'informations sont disponibles sur le lien entre le stade phénologique des fruits et les préférences de ponte des Tephritidae. Chez *C. capitata*, les femelles sont en général plus attirées par des odeurs de fruits mûrs que par des odeurs de fruits verts, trop mûrs ou fermentés. Light & Jang (1988) montrent ainsi qu'il existe chez *C. capitata* et *B. dorsalis* une préférence de ponte significative pour des fruits mûrs par rapport aux fruits verts.

Nos résultats sont conformes à ces observations. Toutefois, dans nos essais, les fruits verts ou mûrs de café, de piment et de badamier ont montré la même attractivité.

Dans la série de comparaisons entre 2 fruits mûrs de différentes plantes-hôtes, il semble que la goyave induise un niveau de réponse des femelles un peu plus élevé que l'orange, bien que la différence soit pas significative. Ce résultat semble en contradiction avec la classification des dégâts provoquée par *C. capitata* (Etienne, 1982). Cet auteur indique en effet que dans la nature, l'orange est plus attaquée par *C. capitata* que la goyave. Il est possible d'expliquer ce résultat a priori contradictoire par l'existence à l'état naturel d'une compétition interspécifique pour la recherche d'un site de ponte entre *C. rosa* et *C. capitata*.

Dans le cas des agrumes, nous n'observons pas de différence significative entre l'orange et la clémentine. Cette observation confirme les conclusions de Gueguen (1998) qui a montré qu'il y a pas de différence d'attractivité entre les pulpes de différentes espèces ou variétés d'agrumes (tangelo, pomelo, mandarine, orange) pour les femelles de *C. capitata*.

La comparaison entre l'attractivité relative de la goyave, du café, du badamier et du coing de Chine est la première étude permettant de comparer ces plantes-hôtes de *C. capitata*. Globalement, les fruits mûrs de badamier et de coing de Chine semblent présenter la meilleure attractivité.

La mise en évidence de l'attractivité de substance volatiles présentes dans différents organes des plantes-hôtes représente une voie de recherche intéressante. Les substances volatiles émises par le feuillage semblent jouer un rôle secondaire dans le processus de localisation de l'hôte (Prokopy & Roitberg, 1984). Toutefois, Brevault (1999) rapporte que les femelles matures de la mouche de la tomate *N. cyanescens* répondent de façon

significative par un vol contre le vent aux effluves de fruits, de feuilles et de fleurs de la famille des Solanaceae, comme le bringellier, l'anguive ou la tomate.

Nous avons vérifié que les feuilles de plantes-hôtes de badamier et de café attirent les femelles de *C. capitata*. Prokopy *et al.* (1997) indiquent que les fruits mûrs de café sont plus attractifs que les fruits verts et les feuilles. Cependant, au cours de nos essais, la réponse des mouches aux feuilles de café n'est pas significativement différente de celle obtenue avec des fruits mûrs. Ces premiers résultats demandent à être confirmés. Il serait également intéressant d'étudier l'attractivité des feuilles des autres plantes-hôtes.

CONCLUSION

Notre étude avait pour but d'élucider quelques mécanismes impliqués dans le choix du site de ponte de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. Pour ce faire, nous avons travaillé en conditions contrôlées dans un tunnel de vol.

La première partie de nos expériences a donc consisté à définir les conditions optimales (vitesse du vent, heure préférentielle, lumière) pour l'étude de ce phénomène.

Nous avons ensuite pu tester différentes odeurs provenant de plantes-hôtes et non-hôtes, et différents stades de maturité des fruits.

Pour ces différentes expériences, les mouches ont été placées en situation de choix ou de non-choix.

Il est intéressant de souligner dans un premier temps que quels que soient l'odeur, l'organe ou le stade de maturité testé (dans le cas des fruits), la réponse observée est toujours significativement différente de celle engendrée par le témoin. De plus, nous avons pu constater que les situations de choix ou de non-choix influent sur la réponse des mouches aux stimuli testés.

Enfin, il est apparu que l'intensité de la réponse diffère entre fruits-hôtes et pour une même plante-hôte en fonction du stade de maturité du fruit. Parmi les plantes-hôtes testées, il ressort que deux d'entre elles attirent plus particulièrement les mouches : le badamier et le coing de Chine. Ces deux espèces sont présentes uniquement à l'état sauvage sur l'île de la Réunion.

Les études futures devront confirmer ces résultats tout en élargissant la gamme de plantes-hôtes testées. Ces travaux devraient se poursuivre par l'analyse physico-chimique des composés émis par l'ensemble de ces fruits et peut-être ainsi déboucher sur la découverte du bouquet de substances induisant la réponse des mouches. Ces résultats devraient permettre une amélioration des méthodes de lutte biotechnique contre la mouche méditerranéenne.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

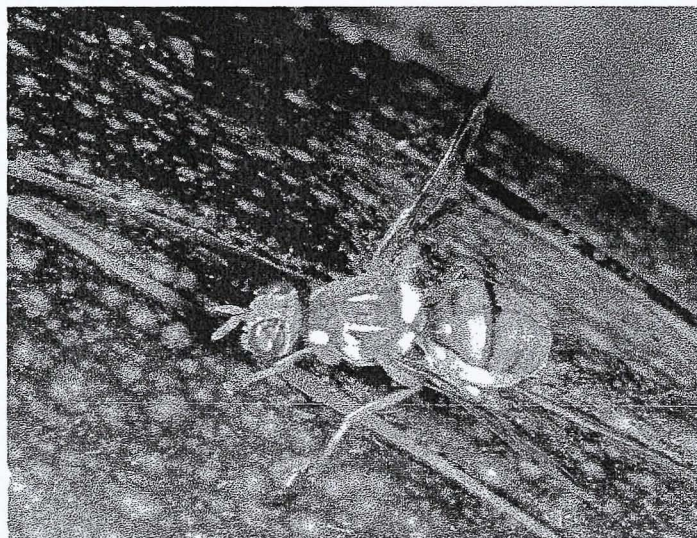
- Agee H. R., Boller E., Remund U., Davis J.C. and Chambers D. L., 1982.** Spectral sensitivities and visual attractant studies in the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), Olive Fly *Dacus oleae* (Gmelin) and the European Fruit Fly *Rhagoletis cerasi* (L.) (Diptera : Tephritidae). *Z. Angew. Entomol.*, 93 : 403 – 412.
- Aluja M. and Prokopy R. J., 1993.** Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* Flies. *Journal of Chemical Ecology*, 19 (11) : 2671 – 2695.
- Bell W. J., 1990.** Searching behavior patterns in insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 35 : 447 – 467.
- Beroza M. and Green, 1963.** Materials tested as insect attractants. *Agriculture Research Service. United States Departement of Agriculture, Washington D.C., Agriculture Handbook N°.* 239, 148.
- Brady J., Griffiths and Paynter, 1995.** Wind speed effects on odour source location by tse-tse flies (*Glossina*). *Physiological Entomology* 20 : 293 – 302.
- Brévault T., 1999.** Mécanismes de localisation de l'hôte chez la mouche de la tomate, *Neoceratitis cyanescens* (Bezzi) (Diptera : Tephritidae). *Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier*, 139 p.
- Buttery R. G., Ling L. C. and Ling D. M., 1987.** Tomato leaf volatile aroma components. *J. Agric. Food Chem.*, 35 : 1039 – 1042.
- Carey J. R., 1984.** Host-specific demographic studies of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata*. *Ecol. Entomol.*, 9 : 261 – 270.
- Cates R. G., 1997.** Influence of biological rhythms, tissue development and physiological stage of plants and insects on their interactions. In : « *Labeyrie V., Fabres G. & Lachaise D. (eds), Insects-plants, Proceeding on the 6th International Symposium of the Insect-Plant Relationship (Pau, 1986)* », 175 – 182.
- Delvare G. et Aberlenc H. P., 1989.** Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale, Clés pour la reconnaissance des familles – *PRIFAS-CIRAD Dépt. GERDAT, Montpellier*, 302 pp.
- Dridi B., 1990.** Etude de quelques aspects de la biologie de la mouche méditerranéenne des fruits : *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptère, Trypetidae). Différenciation entre souche d'élevage et population sauvage provenant d'Algérie. *Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III* : 133 p.
- Etienne J., 1982.** Etude systématique, faunistique et écologique des Téphritides de La Réunion. *Thèse de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris* : 100p.
- Freeman R. and Carey J. R., 1990.** Interaction of host stimuli in the ovipositional response of the Mediterranean Fruit Fly (Diptera : Tephritidae). *Environ. Entomol.*, 19 (4) : 1075 – 1080.
- Girolami V., 1982.** Olive chemical compounds influencing fecundity of *Dacus oleae*. In : « *Wisser J. H. & Minks A. (eds.), Proceeding of the 5th International Symposium on Insect Plant Relationship, Wageningen/ The Netherlands/ 1-4 March 1982. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen* » : 381 – 382.
- Girolami V., Strapazzon A. and De Gerloni P. F., 1983.** Insect-plant relationships in Olive Flies : general aspects and new findings. In : « *Cavalloro R. (Ed.), Fruit Flies of Economic Importance. Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium, Athens/Greece/ 16 – 19 November 1982* » : 258 – 267.
- Goudin R., 1999.** Recherche de stimuli visuels et olfactifs pour la mouche du Natal *Ceratitis rosa* (Karsch) (Diptera : Tephritidae). *Mémoire de fin d'étude, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie & Industries Alimentaires, Nancy* : 33p.
- Green T. A., Prokopy R. J. and Hosmer D. W., 1994.** Distance of response to host tree models by female Apple Maggot Flies, *Rhagoletis pomonella* (Walsch) (Diptera : Tephritidae) : interaction of visual and olfactory stimuli. *Journal of Chemical Ecology* 20 (9) : 2393 – 2413.

- Gueguen S.** 1998. Etude de quelques stimuli visuels et olfactifs pour les femelles matures de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae). *Mémoire de fin d'étude, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie & Industries Alimentaires, Nancy* : 28p.
- Guerin P. M., Remund U., Boller E. J., Katsoyannos B. I. and Delrio G.,** 1983. Fruit Fly electroantennogram and behavior responses to some generally occurring fruit volatiles. In « *Cavalloro R. (Ed.), Fruit Fly of Economic Importance. Proceedings of CEC/IOBC International Symposium, Athens, Greece, 16 – 19 November 1982* » : 248 – 251.
- Haisch A. and Levinson H. Z.,** 1980. Influence of fruit volatiles and coloration on oviposition of the Cherry Fruit Fly. *Naturwissenschaften*, 67 : 44 – 45.
- Jiron L. F. and Hedstrom I.,** 1991. Population fluctuations of economic species of *Anastrepha* (Diptera : Tephritidae) related to mango fruiting phenology in Costa-Rica. *Florida Entomologist*, 74 (1) : 98 – 105.
- Katsoyannos B.I.,** 1987. Field response of Mediterranean Fruit Flies to colored red spheres suspended on fig, citrus and olive trees. In « *Proceeding of the 22th International Symposium on the Insect-Plant Relationship, Pau, France, 1 – 5 July 1986. Dr Junk publishers, Dordrecht* ».
- Katsoyannos B. I.,** 1989. Response to shape, size and color. In « *Robinson A. S. & Hooper G. (eds) : Fruit Flies : their biology, natural enemies and control. Vol. 3A., Elsevier, Amsterdam* » : 307 – 324.
- Katsoyannos B.I., Panagiotidou K. and Kechagia I.,** 1986. Effect of color properties on the selection of oviposition site by *Ceratitis capitata*. *Ent. exp. appl.*, 42 : 187 – 193.
- Katsoyannos B.I. and Pittara I. S.,** 1983. Effect of size of artificial oviposition substrate and presence of natural host fruits on the selection of oviposition site by *Dacus oleae*. *Ent. exp. appl.*, 34 : 326 – 332.
- Katsoyannos B.I., Kouloussis N. A. and Papadopoulos N. T.,** 1997. Response of *Ceratitis capitata* to citrus chemicals under semi-natural conditions. *Ent.exp. appl.*, 82 : 181 – 188.
- Landolt P. J., Heath R. R. and Chambers D. L.,** 1992. Oriented flight responses of female Mediterranean Fruit Flies to calling males, odor of calling males, and a synthetic pheromone blend. *Ent. exp. appl.*, 65 : 259 – 266.
- Levinson H. Z., Levinson A. R. and Muller K.,** 1990. Influence of some olfactory and optical properties of fruits on host location by the Mediterranean Fruit Fly (*Ceratitis capitata*). *Zeitsch. angew. Entomol.*, 109 : 44 – 54.
- Light H. Z. and Jang E. B.,** 1998. Modulation of fruit-foraging behaviors of female *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera : Tephritidae) through chemoreception of volatiles indicatives of different maturation states of nectarines. *Proc. XVIII Int. Congr. Entomol. Abs.* P213.
- Light D. M., Jang E. B. and Flath R. A.,** 1992. Electroantennogram responses of the Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitis capitata* to the volatile constituents of nectarines. *Ent. exp. appl.*, 63 : 13 – 26.
- Marchini L. and Wood R. J.,** 1983. Laboratory studies on oviposition and on the structure of the ovipositor in the Mediterranean Fruit Fly *Ceratitis capitata* (Wied.). In : « *Cavalloro R. (Ed.), Fruit Flies of Economic Importance. Proceedings of CEC/IOBC International Symposium, Athens, Greece, 16 – 19 November 1982* » : 113.
- Martin-Teisseire J. M.,** 1992. Etude de quelques stimuli olfactifs sur la sélection du site de ponte chez *Ceratitis (Pterandrus) rosa* Karsch (Diptera : Tephritidae). *Mémoire de fin d'étude. E.N.I.T.H., Angers* : 51p.
- McInnis D. O.,** 1989. Artificial oviposition spheres for Mediterranean Fruit Fly (Diptera : Tephritidae) in field cage. *Journal of economic Entomology*, 82 (5) : 1382 – 1385.
- Messina F. J. and Jones V. P.,** 1990. Relationship between fruit phenology and infestation by the Apple Maggot (Diptera : Tephritidae) in Utah. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 83 (4) : 742 – 752.
- Nergel L.,** 1997. Etude de l'influence de paramètres physiologiques sur l'attractivité de stimuli visuels et olfactifs chez les femelles de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae). *Mém. Stage DESS « Protection et Valorisation du Végétal », Université de Pau et des pays de l'Adour* : 27p
- Oukil S.,** 1995. Effets des insecticides et des radiations ionisantes en relation avec la variabilité génétique chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptere : Trypetidae). *Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille III* : 171p.

- Prokopy R. J., 1968.** Visual responses of Apple Maggot Flies, *Rhagoletis pomonella* (Walsch) (Diptera : Tephritidae) : orchard studies. *Ent. exp. appl.*, 11 : 403 – 422.
- Prokopy R. J., 1972.** Responses of Apple Maggot Flies to rectangles of different colors and shades. *Environmental Entomology* 1 (6) : 720 – 726.
- Prokopy R. J., 1977.** Stimuli influencing tropic relation in Tephritidae. *Colloques internationaux du C.N.R.S., Comportement des insectes et milieu trophique*, 265 : 305 – 336.
- Prokopy R. J. and Owens E. D., 1983.** Visual detection of plants by herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*, 28 : 337 – 364.
- Prokopy R. J., McDonald P. T. and Wong T. T. Y., 1984.** Inter-population variation among *Ceratitis capitata* flies in host acceptance pattern. *Ent. exp. appl.*, 35 : 65 – 69.
- Prokopy R. J. and Roitberg B. D., 1984.** Foraging behavior of true fruit flies (Tephritidae). *American Scientist*, 72 (1) : 41 – 49.
- Prokopy R. J. and Roitberg B. D., 1989.** Fruit fly foraging behavior. In « Robinson A.S. & Hooper G. (eds.), *Fruit flies : their biology, natural enemies and control, World Crop Pests, Vol. 3B. Elsevier, Amsterdam* » : 293 – 306.
- Prokopy R. J. and Vargas R. L., 1996.** Attraction of *Ceratitis capitata* flies to odor of coffee fruit. *Journal of Chemical Ecology*, 22 (4) : 655 – 666.
- Prokopy R. J., Phillips T. W., Vargas R. L. and Jang E. B., 1997.** Defining sources of coffee plant odor attractive to *Ceratitis capitata* flies. *J. chem. Ecology*, 23 (6) : 1577 – 1587.
- Quilici S., 1998.** Aménagement de la lutte chimique contre les mouches des fruits à la Réunion – In : « Cavalloro R. (Ed.), *Fruit Flies of Economic Importance 87, Proceedings of the CEC/IOBC International Symposium/Rome 7 – 10 April 1997, Rotterdam* » :
- Quilici S. et Simiand C., 1994.** Campagne de lutte raisonnée contre les mouches des fruits à l'île de la Réunion. *Fruits, N° spécial « Vvergers Tropicaux »*, 49 (5-6) : 493 – 495.
- Reissing W. H., Fein B. L. and Roelofs W. L., 1982.** Fields test of synthetic apple volatiles as Apple Maggot (Diptera : Tephritidae) attractant. *Environmental Entomology*, 11 : 1294 – 1298.
- Rice M. J., 1989.** The sensory physiology of pest fruit fly : conspectus and prospectus. In : « Robinson A.S. & Hooper G. (eds.) 1989. *Fruit flies : their biology, natural enemies and control, Vol. 3A. Elsevier, Amsterdam* » : 372p.
- Rivry L., 1991.** Influence de quelques facteurs sur la sélection du site de ponte chez la mouche du Natal, *Ceratitis rosa* Karsch (Diptera : Tephritidae). *Mémoire de fin d'études, Ecole Nationale d'Ingénieurs des Travaux de l'Horticulture et du Paysage, Angers* : 56p.
- Robert P. C., 1986.** Les relations plantes insectes phytophages chez les femelles pondeuses : le rôle des stimuli chimiques et physiques. Une mise au point bibliographique. *Agronomie*, 6 (2) : 127 – 142.
- Ripley L. B. and Hepburn G. A., 1935.** Further studies on the olfactory reactions of the Natal Fruit Fly, *Ceratitis (Pterandrus) rosa* Karsch. *Union S. Afr., Dept. Agr., Entomol. Mem.*, 7 : 24 – 81.
- S.P.V. Réunion / CIRAD Réunion, 2000.** Un nouveau ravageur important : *Bactrocera zonata*. *Phytosanitairement vôtre (SPV Réunion)*. N°8, Avril 2000. (Fiche technique rédigée par B. Hurtrel, S. Quilici et E. Jeuffrault).
- Straw N. A., 1989.** The timing of oviposition and larval growth by two tephritid fly species in relation to host-plant development. *Ecological Entomology*, 14 : 443 – 454.
- Visser J. H., 1986.** Host odor perception in phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.* 31 : 121 – 144.
- White I. M. and Elson-Harris M. M., 1992.** Fruit flies of economic significance : their identification and bionomics. *CAB International, Wallingford, UK* : 601p.
- Williamson D. L., 1989.** Oogenesis and spermatogenesis. In « A. S Robinson. & G. Hooper (eds). *Fruit Flies, their biology, natural enemies and control. World Crop Pest, Vol. 3B. Elsevier, Amsterdam* » : 141 – 151.

ANNEXES

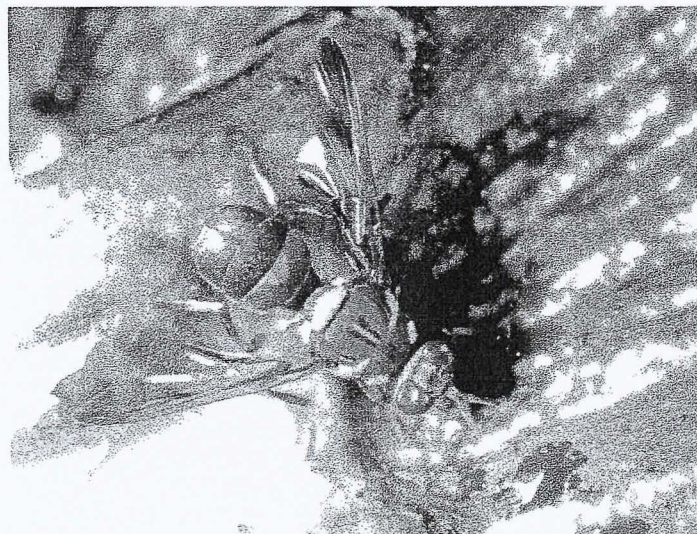
ANNEXE II : TRIBU DACINI



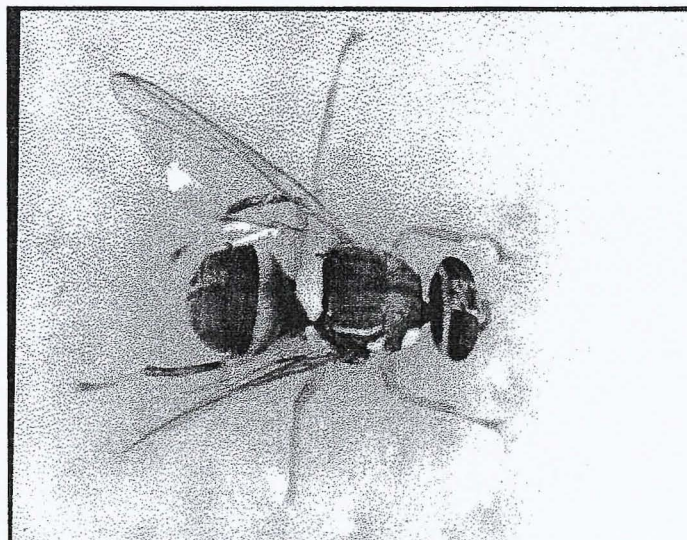
Adulte de *Bactrocera* (*Zeugodacus*) *cucurbitae* (Coquillett)
(Ph. A. Franck).



Adulte de *Dacus* (*Didacus*) *ciliatus* (Loew)
(Ph. A. Franck).

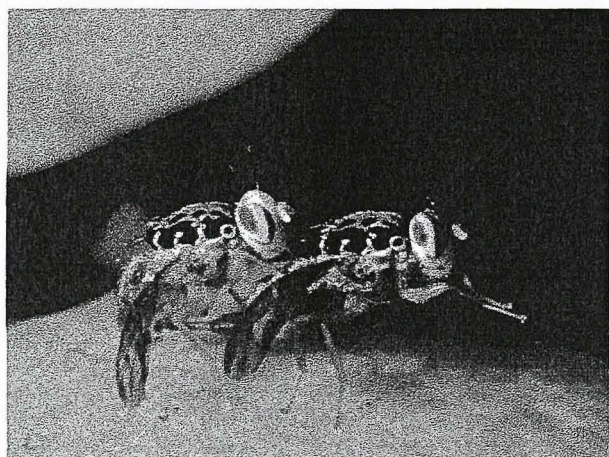


Adulte de *Dacus* (*Dacus*) *demmerezi* (Bezzi)
(Ph. A. Franck).

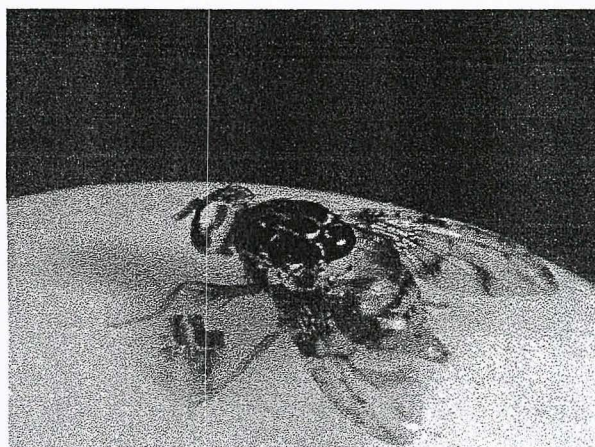


Adulte de *Bactrocera* (*Bactrocera*) *zonata* (Saunders)
(Ph. A. Franck).

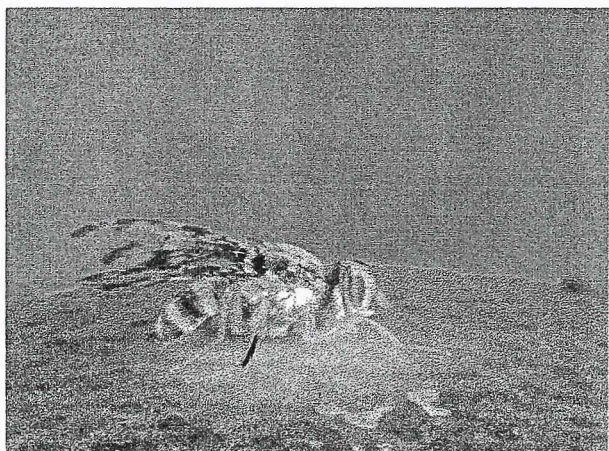
ANNEXE III : TRIBU CERATITINI



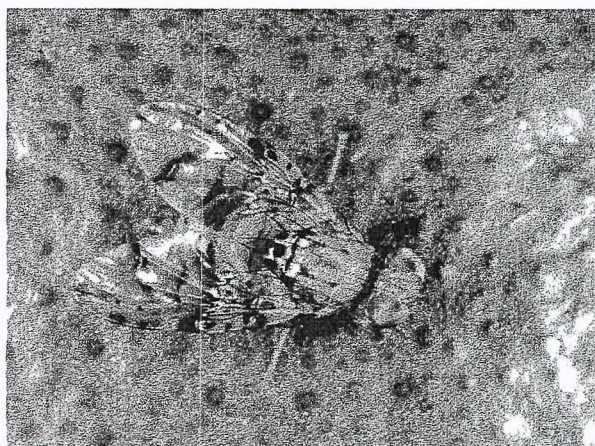
Accouplement de *Ceratitis (Ceratitis) catoirii*
(Ph. A. Franck).



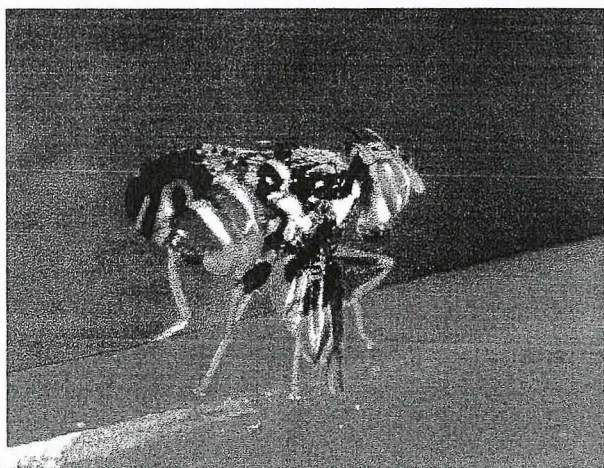
Femelle adulte de *Ceratitis (Ceratitis) catoirii*
(Guérin-Meneville) (Ph. A. Franck).



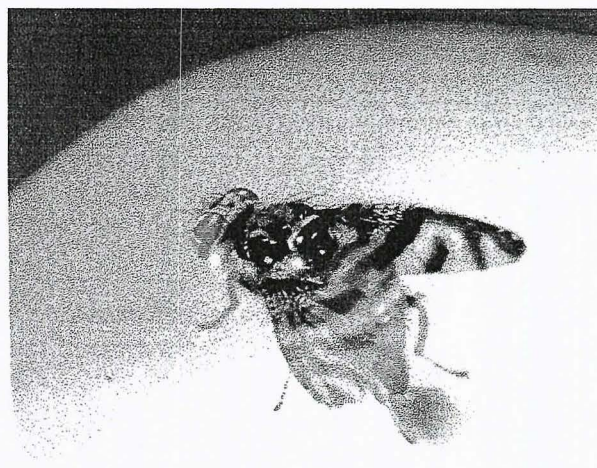
Mâle adulte de *Ceratitis (Pterandrus) rosa* (Karsch)
(Ph. D. Vincenot).



Femelle adulte de *Ceratitis (Pterandrus) rosa* (Karsch)
(Ph. D. Vincenot).



Mâle adulte de *Neoceratitis cyanescens* (Bezzi)
(Ph. A. Franck).



Femelle adulte de *Neoceratitis cyanescens* (Bezzi)
(Ph. D. Vincenot).

ANNEXE IV : Plantes-hôtes des *Ceratitis* spp.

Plantes-hôtes			Réunion (Etienne, 1982; modifié par Quilici et Franck, non publié)			Maurice (Oriaa & Moutia, 1960)			Hawaii (White & Elson-Harris, 1992)
Familles	Noms scientifiques	Noms vernaculaires	C. capitata	P. rosa	C. catouini	C. capitata	P. rosa	C. catouini	C. capitata
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Maneue	x	x	x		x	x	x
	<i>Spondias cytherea</i>								x
	<i>Anacardium occidentale</i>	Noix de cajou		x					
Annonaceae	<i>Annona reticulata</i>	Coeur de boeuf		x				x	x
	<i>Annona muricata</i>	Corossol							x
	<i>Cananga odorata</i>	Ylang-Ylang	x	x					
Apocynaceae	<i>Carissa carandas</i>	Mahakaranda	x	x					
	<i>Carissa macrocarpa</i>	Prune du Natal	x						
	<i>Thevetia peruviana</i>	Thevetia	x						
Boraginaceae	<i>Ehretia</i> sp.	Bois maleache	x	x					
Cactaceae	<i>Cereus peruvianus</i>	Cereus		x					
	<i>Opuntia ficus indica</i>	Figue de Barbarie		x					
	<i>Hylocereus undatus</i>	Pitahaya		x					
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Papaye		x			x	x	x
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i>	Badamier	x	x	x		x	x	x
Ebenaceae	<i>Diospyros kaki</i>	Kaki	x						x
Flacourtiaceae	<i>Flacourtia indica</i>	Prune malgache	x	x					
Guttiferae	<i>Garcinia mangostana</i>	Mangoustan		x					x
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Avocat		x		x	x	x	x
Malpighiaceae	<i>Malpighia gruba</i>								x
Mimosaceae	<i>Inga laurina</i>	Arbre à miel		x					
	<i>Pithecellobium dulce</i>	Tamarin de l'Inde	x	x					
Moraceae	<i>Artocarpus utilis</i>	Fruit à Pain							x
	<i>Ficus carica</i>	Figue		x					x
Musaceae	<i>Musa nana</i>	Banane ou figue		x					
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	Cerise à côte	x	x	x				x
	<i>Eugenia brasiliensis</i>	Cerise du Brésil							x
	<i>Davallia hebecarpa</i>	Cerise de Ceylan	x	x					
	<i>Feijoa sellowiana</i>	Feoia							x
	<i>Syzygium samarangense</i>	Jamalaç		x		x	x		
	<i>Syzygium cumini</i>	Jamlonge		x					x
	<i>Syzygium malaccense</i>	Jambos						x	x
	<i>Syzygium jambos</i>	Jambrosade		x					x
	<i>Psidium cattleianum</i>	Goyavier		x	x			x	
	<i>Psidium guajava</i>	Goyave	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Averrhoa carambola</i>	Carambole		x				x	x
	<i>Averrhoa bilimbi</i>	Bilimbi		x					
Passifloraceae	<i>Passiflora suberosa</i>	Grain d'ore	x						
	<i>Passiflora edulis</i>	Grenadille		x					
Polygonaceae	<i>Coccoloba uvifera</i>	Raisin marine	x	x					
Punicaceae	<i>Punica granatum</i>	Grenadine						x	x
Rhamaceae	<i>Ziziphus jujuba</i>	Jujube		x		x	x	x	
Rosaceae	<i>Cydonia vulgaris</i>	Coing		x					
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Bibao		x			x	x	x
	<i>Malus communis</i>	Pomme		x					
	<i>Pirus communis</i>	Poire		x					x
	<i>Prunus americana</i>	Abricot		x					x
	<i>Prunus persica</i>	Pêche		x		x	x	x	x
	<i>Prunus domestica</i>	Prune		x					x
	<i>Coffea arabica</i>	Café arabica	x	x					x
Rubiaceae	<i>Coffea liberica</i>								x
	<i>Forumella japonica</i>	Kumquat							x
Rutaceae	<i>Murraya paniculata</i>	Ramcaux	x						
	<i>Citrus medica</i>	Cédrat							x
	<i>Citrus edulis</i>								x
	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarine	x	x					x
	<i>Citrus sinensis</i>	Orange						x	x
Sapindaceae	<i>Litchi sinensis</i>	Litchi		x					
	<i>Euphoria longani</i>	Longanis		x					
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Pomme de lait							x
	<i>Chrysophyllum oliviforme</i>								x
	<i>Chrysophyllum carpusian</i>	Chrysophyllum	x	x					
	<i>Momilaka zapota</i>	Sapotillier					x		
	<i>Mimusops elengi</i>	Prune Malbar							
	<i>Pouteria sapota</i>								x
	<i>Richardella canpechiana</i>	Canistel	x	x					
	<i>Synsepalum dulcificum</i>	Synsepalum	x						
Sapindaceae	<i>Blighia sapida</i>								x
	<i>Litchi sinensis</i>	Litchi		x					x

(suite de l'annexe IV)

Plantes-hôtes			Réunion (Etienne, 1982; modifié par Quilici et Frauck, non publié)			Maurice (Orian & Moutia, 1960)			Hawaii (White & Elson-Harris, 1992)	
Solanaceae	<i>Capsicum frutescens</i>	Piment	x	x						
	<i>Capsicum annuum</i>	Poivron	x							
	<i>Solanum auriculatum</i>	Bringedier		x						
	<i>Solanum nigrum</i>	Brode morelle	x							
	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate						x		
	<i>Solanum pseudocapsicum</i>									x
	<i>Physalis peruviana</i>									x
	<i>Cyphonandra betacea</i>	Tomate arbuste								x
Sterculiaceae	<i>Theobroma cacao</i>	Cacaoyer		x						
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	Raisin	x							

ANNEXE V

Définition de la configuration permettant d'enregistrer simultanément la localisation et les activités de l'insecte, locomotion et orientation, en durée (s) et/ou en fréquence.

LOCALISATION

- ☐ *tube* de lâcher,
- ☐ zone *arrière*, en aval du tunnel, côté extracteur,
- ☐ zone *moyenne*, au centre du tunnel,
- ☐ zone *avant*, en amont du tunnel, côté source d'odeur,
- ☐ et *source* (sphère rouge).

LOCOMOTION

- ☐ *repos*,
- ☐ *marche*,
- ☐ *vol* orienté vers la source, direct ou en zigzags,
- ☐ *vol* non orienté contre le vent,
- ☐ *vol* dans le vent ou erratique.

ORIENTATION

- ☐ *immobilisation* vers la source,
- ☐ *scanning*, rotation de l'insecte sur lui-même comme pour 'balayer' visuellement son environnement.

Les items de localisation (ou d'activités) de l'insecte sont mutuellement exclusifs, c'est-à-dire que l'insecte ne peut se trouver simultanément en zone *arrière* et *avant* (ou en *vol* et en *marche*). Par contre, on peut croiser les variables de localisation et d'activité, l'insecte peut se trouver en *marche* dans la zone *avant*.

Thuy NGUYEN NGOC, 2000. Etude de la réponse des femelles de *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae) à différents types de stimuli olfactifs en tunnel de vol.

Laboratoire d'Entomologie, CIRAD-FLHOR Réunion, 97455 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France.

RESUME

La mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), est un ravageur polyphage d'importance économique à l'île de La Réunion mais également dans de nombreux pays du monde. Cette étude porte sur la réponse des femelles matures de *C. capitata* à des composés volatils émis par certaines plantes-hôtes. Les stimuli olfactifs impliqués dans la localisation de l'hôte sont étudiés en tunnel de vol. Les résultats montrent que l'odeur de fruit constitue un stimulus important dans le comportement de localisation de la plante-hôte. Les réponses diffèrent suivant les espèces végétales testées, la goyave (*Psidium guajava* L.), les agrumes (*Citrus* spp.), le café (*Coffea arabica* L.), le piment (*Capsicum frutescens* L.), le badamier (*Terminalia catappa* L.) et le coing de chine (*Mimusops elengi* L.) ainsi que le stade de maturité des fruits (fruits mûrs ou verts). D'autres organes de plantes-hôtes (feuilles) déclenchent également une réponse, plus limitée. Une certaine attractivité des effluves de fruit non-hôtes comme la citrouille (*Cucurbita pepo* L.) a également été constatée.

Ces premiers résultats fournissent des éléments en vue de l'identification de substances volatiles susceptibles d'être utilisées dans le futur pour la mise en place d'outils de surveillance ou de lutte biotechnique contre *C. capitata*.

Mots clés : Tephritidae, *Ceratitis capitata*, composés volatils, stimuli olfactifs, tunnel de vol.

Thuy NGUYEN NGOC, 2000. Study of the response of female *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera : Tephritidae) to different types of olfactory stimuli in a flight tunnel.

Laboratoire d'Entomologie, CIRAD-FLHOR Réunion, 97455 Saint-Pierre Cedex, La Réunion, France.

ABSTRACT

The Medfly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann), is a highly polyphagous pest of economic importance in Reunion island and many other parts of the world. We studied the response of the female *C. capitata* to volatile compounds emitted by different host plants. Experiments on the olfactory stimuli were conducted using a flight tunnel in order to look for oriented flight response. The results show that the odours of host fruit play an important role in the host-plant location behaviour. The response varied depending on the species of fruit, guava (*Psidium guajava* L.), citrus (*Citrus* spp.), coffee (*Coffea arabica* L.), chilli (*Capsicum frutescens* L.), Indian almond (*Terminalia catappa* L.) and chinese quince (*Mimusops elengi* L.) and their stage. Other host plants organs (leaves) also induced a weaker response. A limited attractiveness of non-host fruit volatiles as pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) was also demonstrated.

These results provide elements for the identification of potential volatiles that could be used in the future to improve monitoring or biotechnical control methods for *C. capitata*.

Key words : Tephritidae, *Ceratitis capitata*, volatile compounds, olfactory stimuli, flight tunnel.